This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

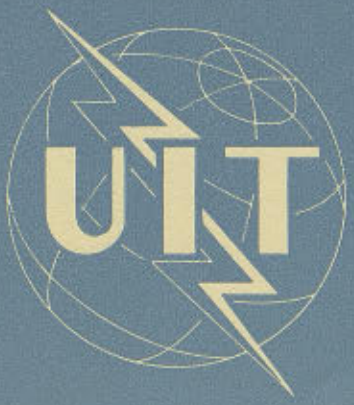
هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

JOURNAL DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
TELECOMMUNICATION JOURNAL
BOLETÍN DE TELECOMUNICACIONES



ARCHIVES
U.I.T.
GENÈVE

JOURNAL UIT

OCTOBRE 1953 • Nº 10

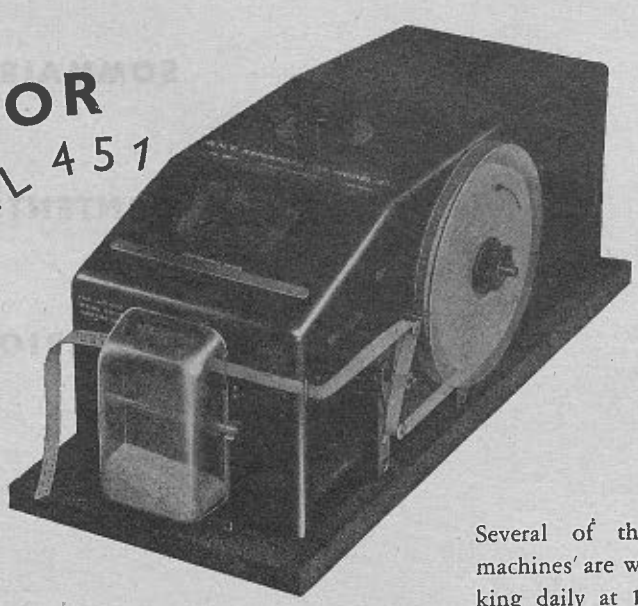
SOMMAIRE *(Partie française)*

CONTENTS *(English Section)*

SUMARIO *(Parte española)*

G.N.T.

REPERFORATOR MODEL 451



A truly synchronous reperforator for morse code.

Speed range:
40-200 words per minute without gear changes.

Supplied with A. C. or D. C. motor as required.

Several of these machines are working daily at 180 words per minute.

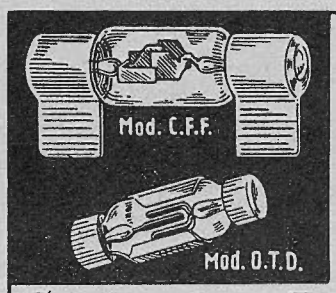
✡ *Write for comprehensive catalogue.*

THE GREAT NORTHERN TELEGRAPH COMPANY's FACTORY

4, SYDHAVNS PLADS
COPENHAGEN SV . DENMARK

★

LONDON OFFICE: 5, ST. HELENS PLACE
LONDON E.C.3.



Les appareils de protection des installations de faible courant des Chemins de fer, Postes et Télégraphes Suisses sont munis de nos

Cartouches „Parafoudre" brevetées

Tensions critiques
Mod. C.F.F.
300 à 1000 volts

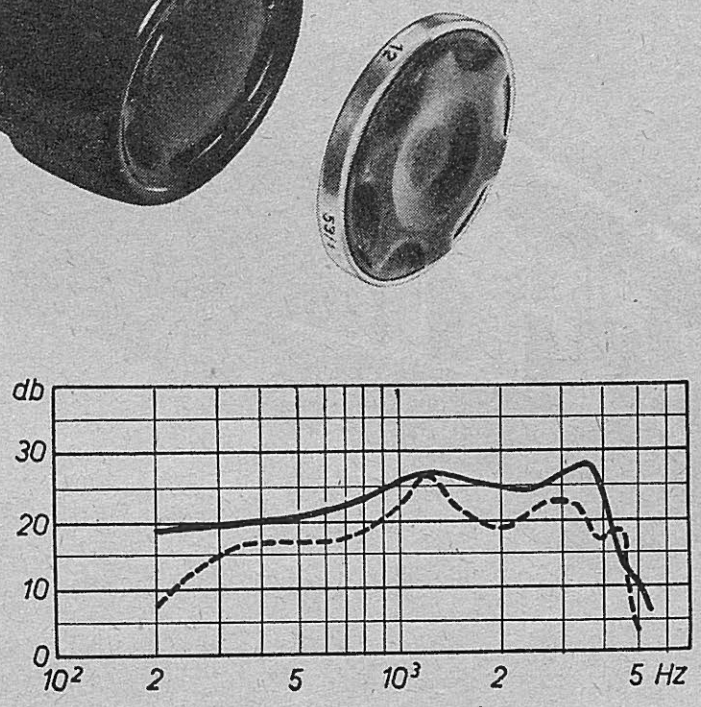
Société Anonyme
LUMIERE
GOLDAU (Suisse)

Tensions critiques
Mod. O.T.D.
300 à 500 volts

ALBISWERK
ZURICH S.A.

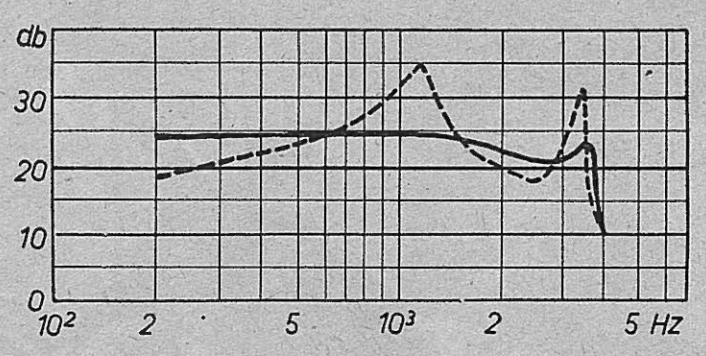
POSTES TELEPHONIQUES ALBIS

Le nouveau poste ST 511



----- Caractéristique de fréquences de l'ancien microphone avec pointes de résonance prononcées.

——— Caractéristique de fréquences du nouveau microphone sans pointes de résonance prononcées, avec tendance ascendante pour l'amélioration du timbre de la voix.



----- Caractéristique de fréquences de l'ancien récepteur avec pointes de résonance très prononcées.

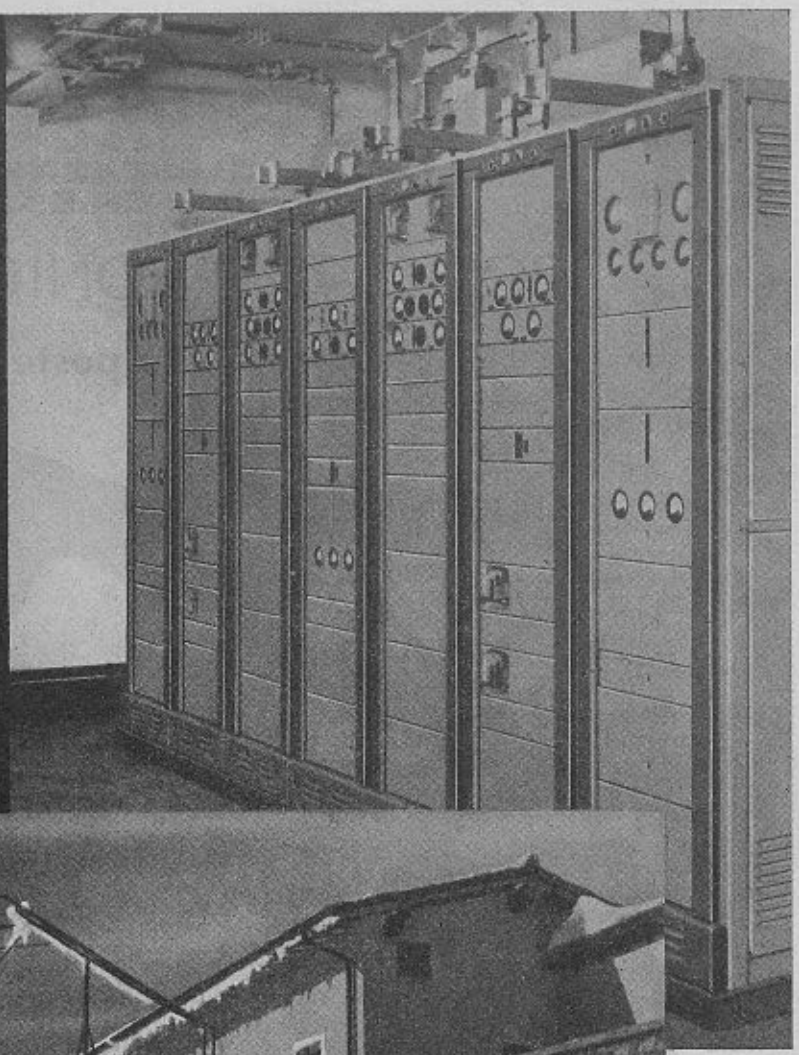
——— Caractéristique de fréquences horizontales du nouveau récepteur sans pointes de résonance, évitant ainsi les distorsions de la parole.

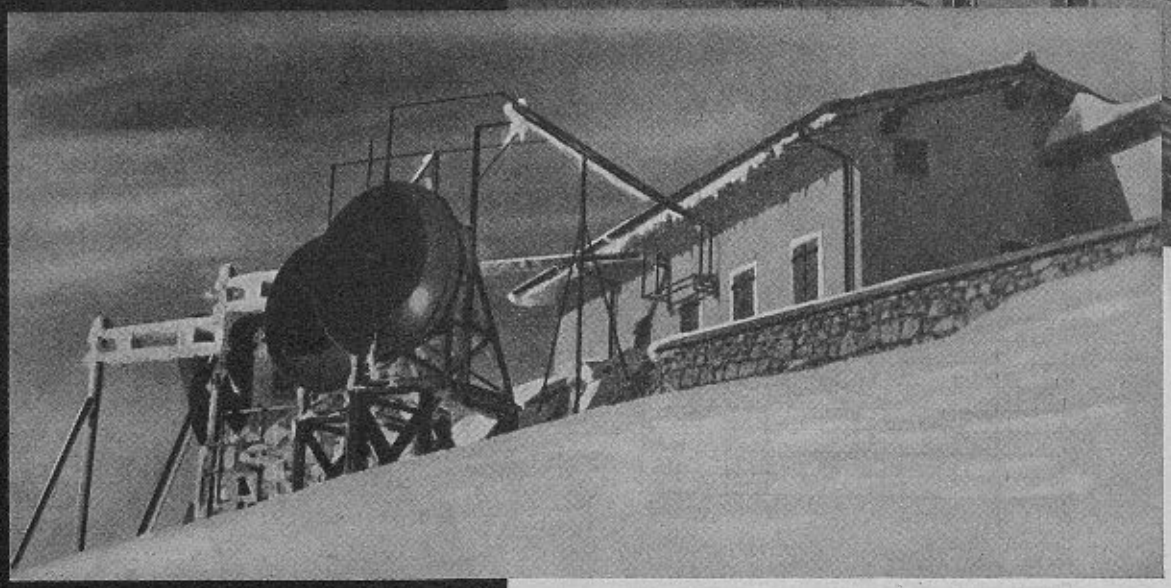
Les qualités d'un poste téléphonique sont jugées par l'intelligibilité et la portée de voix. Ces deux facteurs sont influencés dans une large mesure par la qualité des capsules microphoniques et réceptrices. En accordant mutuellement la bande de fréquences du récepteur et du microphone, on atteint une transmission régulière et un haut degré d'intelligibilité sans intensités sonores désagréables. La gamme de fréquences et l'équivalent de référence correspondent aux recommandations du C.C.I.F. (Comité Consultatif International Téléphonique).

ALBISWERK ZURICH S. A. ALBISRIEDERSTR. 245 ZURICH 47 TÉL (051) 52 54 00

Equipements à faisceaux dirigés

22 ans d'expérience





Standard

1574

Liaison à 180 voies par faisceaux micro-ondes dirigés

Equipement de relais d'une station d'altitude des PTT Suisses.

Un produit „Standard"

1931 Première liaison à faisceaux dirigés et à micro-ondes: Calais-Dover

1952 Plus longue liaison à faisceaux dirigés en Europe: Transmission entre Manchester et Edinburgh des programmes de télévision sur 4000 MHz

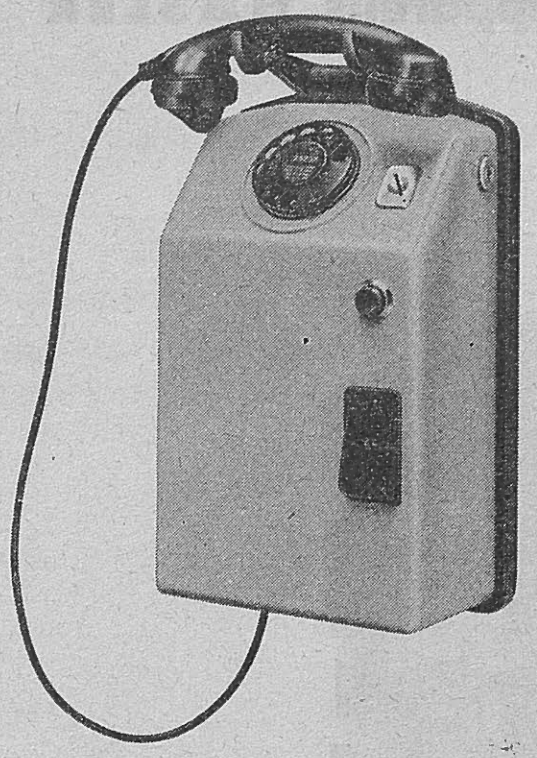
Standard Téléphone et Radio S.A.

Zurich, avec succursale à Berne

ASSOCIÉ À L'IT&T

ADMINISTRATION DES PTT

L'exploitation de postes téléphoniques à prépaiement est pour vous une très bonne affaire.

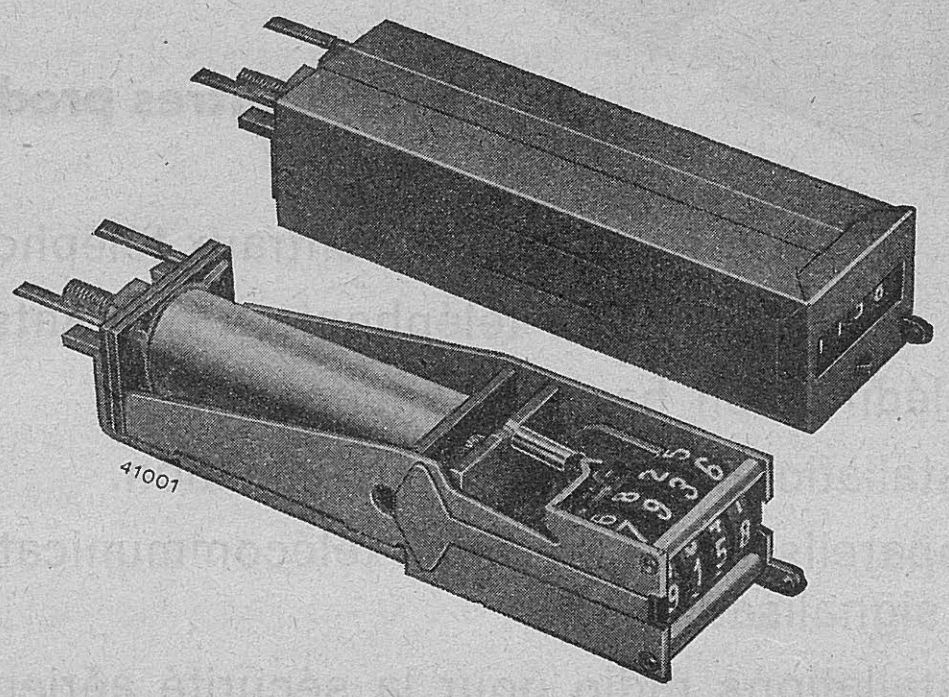


Nous fabriquons des appareils à prépaiement pour le service manuel et pour le service automatique.

Profitez de notre grande expérience !

AUTELCA SA

GÜMLIGEN BERNE SUISSE



Compteurs de conversations pour centraux téléphoniques

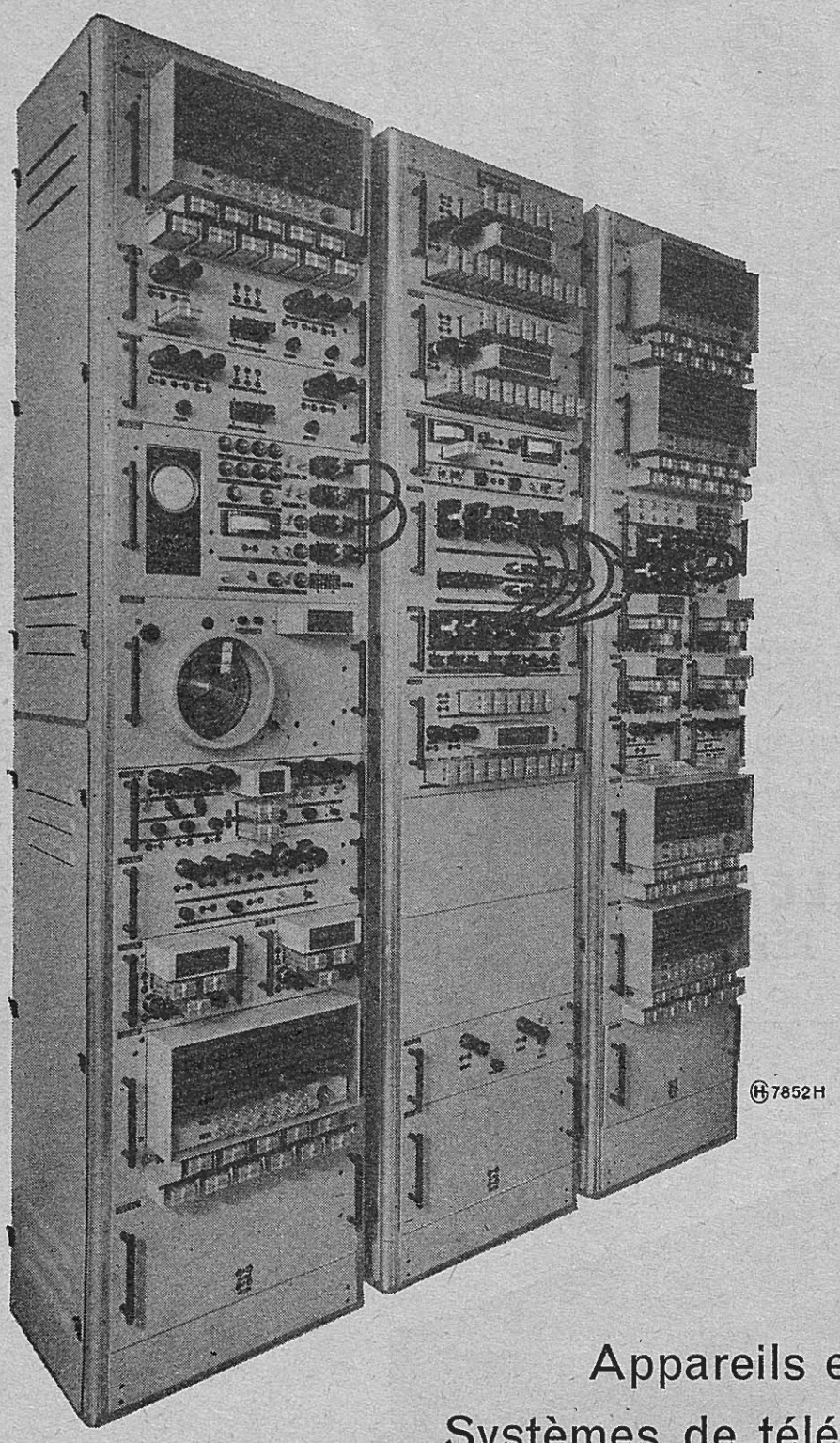
Indicateurs de taxes téléphoniques «TELETAXE»

«SODECO»

Société des Compteurs de Genève

Télécommunications modernes

avec les appareils HASLER



Appareils TOR et TOM pour le trafic sans fil par téléscripteur entre des abonnés.

● Autres produits HASLER :

Appareils et centraux téléphoniques.

Systèmes de téléphonie à courants porteurs.

Télédiffusion haute fréquence.

Installations de radiocommunication.

Appareils militaires pour télécommunications et signalisation.

Installations radio pour la sécurité aérienne.

Liaisons téléphoniques FM ou AM sans fil avec le réseau téléphonique public.

Générateurs HF - Impulsographes - Enregistreurs centraux - Résonateurs à cristal - Filtres électromécaniques Relais à résonance, etc.

Hasler SA Berne

MANUFACTURE D'APPAREILS TÉLÉPHONIQUES ET DE PRÉCISION

JOURNAL UIT

JOURNAL DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Publié mensuellement
par le Secrétariat général de l'Union internationale des télécommunications (UIT)

ABONNEMENTS — Abonnement annuel : Pour tous pays 10 francs suisses • Le numéro isolé 1,25 franc suisse
Pour tous renseignements s'adresser à la rédaction : GENÈVE (Suisse) - Palais Wilson - Téléphone (022) 2 15 50
Compte de chèques postaux : Genève I/50

SOMMAIRE — N° 10 — OCTOBRE 1953

	Page
Emploi et possibilités des appareils électroniques dans les centraux téléphoniques, par T.-H. Flowers	146-159
H. A. Lorentz et la portée de ses travaux dans le domaine des télécommunications électromagnétiques, par le Prof. Balth. van der Pol	160-164
Notice bibliographique	165
Echos et nouvelles	165-167
Calendrier des conférences ou réunions, récentes et futures, tenues sous l'égide de l'UIT	168
Bibliographie	I-II
Publications du Secrétariat général de l'Union	III-VI

Journal télégraphique (1869-1933)
57 volumes publiés

Journal des télécommunications (depuis 1934)
20me volume

Les sentiments exprimés dans les articles du Journal des télécommunications sont personnels à leurs auteurs et ne permettent pas de préjuger les opinions de l'Union.

Emploi et possibilités des appareils électroniques dans les centraux téléphoniques

par T.-H. Flowers

(Traduction)

Chacun sait que le passage du courant électrique à travers des gaz sous faible pression, les tubes thermo-électroniques, les tubes à rayons cathodiques, les redresseurs et d'autres organes qualifiés d'électroniques, ont permis, au fur et à mesure de leur découverte ou de leur invention, de réaliser des appareils de commutation et de commande électrique reposant sur des principes nouveaux. On ne s'est pas rendu compte de cette possibilité au moment des découvertes ou des inventions en question, mais l'emploi de ces divers organes comme organes de commutation n'a rien en soi de mystérieux. Les commutateurs électromécaniques et électroniques possèdent des propriétés fondamentales analogues ; on peut, dans certaines limites, remplacer les uns par les autres ; on peut remplacer la paire de contacts classique d'un relais par la cathode et l'anode d'une triode, qui est commandée par une tension agissant sur sa grille à peu près comme un relais est commandé par le courant passant dans son enroulement. Il se peut que l'agencement des circuits ne soit pas exactement le même, mais il n'est guère difficile d'obtenir des résultats équivalents dans ce cas comme dans celui des nombreuses autres formes que peut prendre la commutation électromécanique. Si donc l'on peut faire jouer à des organes électroniques des rôles identiques à ceux qu'assurent des relais, des servomoteurs, etc., l'installation de centraux équipés en partie ou en totalité d'organes électroniques sera théoriquement possible, et c'est là un problème qui intéresse vivement les techniciens.

Dans certains domaines, la commutation électronique a fait des progrès rapides, notamment dans la réalisation des grandes machines à calculer automatiques. Ses progrès ont été, en revanche, plus lents dans la commutation téléphonique, surtout parce qu'elle est en concurrence, quant au coût et au rendement des organes, avec une technique bien établie et efficace de commutation électromécanique. Jusqu'à une date récente encore, on ne faisait appel à des méthodes électroniques que lorsque les procédés plus classiques étaient d'une application trop difficile ou impossible. On peut mentionner, à titre d'exemple, l'emploi de tubes à décharge dans un gaz dans le système Siemens-Halske, et celui de tubes à vide à cathode chaude dans les systèmes de signalisation à fréquences vocales. Un tube à décharge dans un gaz présente, avant une décharge, une impédance plus grande que celle de l'enroulement de n'importe quel relais pratiquement réalisable, et c'est pour cette raison que l'on utilise un tel tube dans le système Siemens-Halske, pour relâcher les appareils placés à l'extrémité de lignes auxiliaires. Dans les systèmes de signalisation à fréquences vocales, des tubes à vide à cathode chaude sont utilisés pour leurs propriétés d'amplification ; dans bien des cas, en effet, la puissance des signaux transmis, lorsqu'ils arrivent à l'extrémité d'une ligne, n'est plus que de 10^{-5} watt et c'est là une puissance qu'il faut amplifier au moins cent fois pour actionner les relais les plus sensibles. Tant que l'électronique s'est bornée à des applications de ce genre, elle n'a nécessairement intéressé qu'une faible partie de la téléphonie.

L'électronique trouvera, dans les centraux téléphoniques, un champ d'activité beaucoup plus vaste s'il apparaît que les organes électroniques sont susceptibles d'accomplir, et dans de meilleures conditions, des fonctions que remplissent actuellement les appareils électromécaniques. Cependant, ce serait une erreur que de viser à un remplacement pur et simple des commutateurs électromécaniques par des systèmes électroniques équivalents. Les conditions d'emploi des appareils électromécaniques ont été fixées d'après la vitesse à laquelle ces commutateurs peuvent fonctionner et afin de réduire les mouvements autant que possible, l'usure et la maintenance des installations étant ainsi limitées au minimum. Les commutateurs électroniques peuvent fonctionner à des vitesses beaucoup plus grandes, et leur durée de vie ne dépend pas beaucoup du nombre de fois qu'ils ont fonctionné. Le but à atteindre serait donc d'obtenir le même résultat d'ensemble, mais pas nécessairement par les mêmes méthodes de commutation. Le fait que l'on a bien compris cette différence a déjà suggéré de nouvelles formes de réalisation d'appareils électroniques d'usage courant, établis selon des principes qui ne conviendraient pas à des commutateurs électromécaniques. Il semble certain qu'il sera davantage fait appel à l'électronique dans les centraux du fait de ces perfectionnements. Le rôle qu'elle jouera finalement n'est pas encore clair et il serait imprudent de se lancer dans des prophéties. Toutefois, si le présent article devait se borner à décrire les emplois déjà classiques de l'électronique dans les centraux, non seulement il serait très bref, mais en outre il n'exposerait pas les véritables problèmes ni la façon dont on tend actuellement à les

résoudre. L'auteur s'efforcera donc de mettre en relief quelques-unes des possibilités futures de l'électronique aussi bien que ses applications déjà connues.

Commutateurs électroniques à diode

Une diode à vide se comporte comme un commutateur inséré entre deux conducteurs reliés à ses deux électrodes lorsqu'on agit sur la polarité de la tension entre celles-ci, la faisant passer d'une valeur positive à une valeur négative, suivant que l'on désire que la diode laissse ou ne laisse pas passer le courant, qu'elle « conduise » ou ne « conduise pas ». La figure 1 *b)* donne le schéma d'une diode à cathode chaude classique jouant le rôle de commutateur.

Fig. 1 *(a-d)*. — Commutateurs à diodes.
(Voir partie anglaise, page 149e.)

Dans la position « circuit ouvert », la tension anode-cathode est négative ; il ne passe pratiquement pas de courant, et l'on peut supporter des tensions allant jusqu'à 100 volts avec des diodes de très petites dimensions. Dans ces conditions, le commutateur constitue, en fait, une très grande résistance en parallèle avec une très faible capacité ; autrement dit, ce n'est que pour des courants de haute fréquence que la diode se comporte autrement que comme une coupure franche du circuit. Le commutateur se ferme lorsque le potentiel de l'anode devient positif par rapport à la cathode ; le circuit équivalent est alors, par exemple, celui d'une résistance de 100 ohms en série avec une force électromotrice d'environ 0,5 volt en opposition à la force électromotrice appliquée, avec une capacité de faible valeur en dérivation sur l'ensemble.

La figure 1 *a)* reproduit un relais à titre de comparaison. La puissance nécessaire pour faire fonctionner ce relais est de 0,1 à 1 watt et le contact, en position de fermeture, présente une résistance nettement inférieure à 1 ohm. La puissance que peut commander le contact est de 100 watts ou plus ; celle que peut couper la diode de la figure 1 *b)* est limitée par les conditions de fonctionnement de ce tube. Lorsque la diode conduit, elle doit permettre le passage du courant du signal dans un circuit comprenant une force électromotrice correspondant au signal ; il doit donc passer à travers la diode un courant permanent suffisant pour que la superposition du courant du signal n'inverse pas le sens du courant total qui la traverse. Lorsque la diode ne conduit pas, la tension entre anode et cathode doit être suffisamment négative pour que la superposition de la force électromotrice du signal n'inverse pas la polarité de cette tension. Ceci revient à dire qu'en pratique la puissance qu'il faut appliquer à la diode pour qu'elle remplisse ses fonctions de commutation est supérieure à celle du signal qui peut être transmis par ce commutateur ; il en va de même pour tous les dispositifs comprenant des diodes et c'est ce qui les empêche, en fait, de devenir des amplificateurs de puissance.

Les diodes constituées par un élément semi-conducteur forment une classe importante de commutateurs électroniques qui comprend des redresseurs à oxyde de cuivre, à sélénium, germanium et silicium. Ces redresseurs se comportent comme les diodes à cathode chaude, en ce sens que la résistance entre leurs deux extrémités passe d'une valeur élevée pour une tension d'une certaine polarité à une faible valeur lorsqu'on inverse la polarité, et vice versa. L'absence d'une cathode chauffée en permanence constitue un grand avantage, mais un tel redresseur ne remplace pas toujours d'une manière satisfaisante une diode à cathode chaude, car le rapport de son impédance élevée (position « ouvert ») à son impédance faible (position « fermé ») n'est pas aussi grand que pour la diode en question. Les valeurs des impédances dans les positions « ouvert » et « fermé » sont très diverses selon le type et les dimensions des redresseurs, comme on le voit sur la figure 1 *c)*, mais le rapport entre ces impédances est toujours à peu près de l'ordre de 1000.

La diode à cathode froide à atmosphère gazeuse, représentée sur la figure 1 *d)*, laisse passer le courant lorsque sa tension anodique, positive par rapport à la cathode, dépasse une certaine valeur critique. La décharge produite dans le tube s'accompagne d'une lueur visible à la cathode, de sorte que l'amorçage et l'arrêt d'une décharge sont souvent appelés allumage et extinction du tube. Une fois qu'une décharge a été amorcée, elle se maintient pour une tension plus faible. En fait, si la tension ne baisse pas, le tube est endommagé ; il en résulte que ce tube doit être protégé par des résistances en série. Une autre conséquence est que, lorsque le tube est allumé, une petite variation de tension produit une importante variation d'intensité, c'est-à-dire que la résistance effective du tube est faible et que même, dans certaines conditions, elle peut devenir négative, si bien qu'une augmentation d'intensité diminue la tension. Pour arrêter la décharge, on doit faire descendre la tension entre anode et cathode au-dessous d'une deuxième valeur critique, et l'y maintenir pendant un temps que l'on appelle temps de déionisation ; c'est là le principal facteur qui limite la vitesse à laquelle le tube peut commuter. La figure 1 *d)* indique les caractéristiques d'un tube à gaz. Contrairement à ce qui a lieu avec les diodes à vide redresseuses décrites plus haut, qui passent brusquement de la conduction à la non-conduction lorsque leur tension d'anode passe d'une valeur positive à une valeur négative, et qui reviennent à leur état primitif, la commutation par tube à gaz dépend des deux tensions critiques positives indiquées ci-dessus ; de plus, la conduction se produit aussi lorsqu'une tension négative suffisamment élevée est appliquée entre anode et cathode.

Il n'est peut-être pas facile de voir que les diodes de la figure 1 peuvent être utilisées comme des commutateurs de la même manière que des relais, par exemple. C'est pourquoi la figure 2 montre, à

Fig. 2. — *(a)* Chercheur de ligne appelante ; *(b)* Circuit équivalent muni de redresseurs au lieu de relais.
(Voir partie anglaise, page 150e.)

titre de comparaison, sous *(a)*, le circuit classique de relais de ligne et de coupure et, sous *(b)*, un circuit équivalent muni d'une diode dans le système Rotary 7E. Sur la figure 2 *a)*, quand la boucle constituée par les fils de lignes A et B est fermée, le relais L fonctionne ; un de ses contacts fait fonctionner un relais ST qui est commun à un grand nombre de relais L. Le relais ST fait alors démarrer un chercheur de lignes rotatif LF, et lorsque celui-ci arrive à la position de ligne appelante, le relais K est attiré grâce au fil C et fait revenir L au repos. Sur la figure 2 *b)*, chaque ligne est reliée à un circuit comprenant des résistances R1, R2, R3 et un redresseur WR. Le montage est tel que, lorsque la boucle n'est pas fermée, la polarité de la tension aux bornes du redresseur rend celui-ci équivalent à une coupure franche du circuit, et que, lorsque la boucle est fermée, le changement de polarité rend le redresseur équivalent à une faible résistance, de sorte que le relais ST fonctionne. Un chercheur de lignes arrivant sur la position de ligne appelante met un potentiel négatif (batterie) sur le fil C, ce qui inverse une fois de plus la polarité du redresseur et arrête la recherche. Les résistances R1, R2, R3 doivent être élevées pour éviter un affaiblissement excessif du circuit de conversation. Il en résulte que le relais ST doit être assez sensible pour répondre au faible courant de fonctionnement qu'il reçoit, et c'est là la seule différence réelle entre les deux montages.

Commutateurs électroniques plus compliqués

Le commutateur à deux électrodes, actionné par un changement de la tension à ses bornes, est un appareil simple, mais limité dans ses applications. Un champ d'applications utiles plus vaste est ouvert aux commutateurs dans lesquels le courant d'électrons entre une cathode et une anode est commandé autrement que par le changement de la tension entre cette anode et cette cathode. L'opération de commutation qu'effectuent ces organes est généralement due à une variation du courant électronique, qui modifie la tension aux bornes d'une impédance située dans le circuit anode-cathode, à l'inverse de ce qui se passe dans une diode, où c'est une variation de tension qui produit un changement du courant de l'anode à la cathode. Quelques types de commutateurs sont représentés sur la figure 3 par les symboles que l'on utilise généralement à cet effet. Cette figure indique aussi, à titre d'exemple, des valeurs de la tension de commande à l'entrée, de la tension à la sortie, et des variations d'intensité pour les appareils en question.

La figure 3 *a)* représente une triode, tube à vide

Fig. 3 *(a-d)*. — Commutateurs à triodes.
(Voir partie anglaise, page 151e.)

à cathode chaude, dans lequel le potentiel de l'anode est toujours positif par rapport à celui de la cathode et où le courant entre ces deux électrodes est commandé par une troisième électrode, la grille de commande, qui est placée entre elles. Si le potentiel de grille est approximativement le même que celui de la cathode, le courant s'écoule comme dans la diode à tension d'anode positive ; mais si le potentiel de grille est nettement négatif par rapport à la cathode, le courant est interrompu. La grille permet donc de commander en permanence le courant anode-cathode et n'absorbe pour ainsi dire pas de puissance. Des montages plus compliqués, comportant des grilles supplémentaires entre l'anode et la cathode, sont souvent utilisés comme commutateurs jouissant de propriétés spéciales ; nous ne pouvons pas les examiner dans le présent article. Un montage intéressant réalisé avec des tubes à cathode chaude est le circuit basculeur (fig. 4), dans lequel l'anode de chaque tube est couplée à la grille de commande de l'autre. Ce circuit se place toujours de lui-même de manière que l'un des tubes soit conducteur entre anode et cathode, et l'autre non ; il possède deux positions d'équilibre dans lesquelles ces conditions sont remplies, et le circuit peut être placé dans l'une comme dans l'autre, par exemple au moyen d'une impulsion positive appliquée par un redresseur à l'une des grilles de commande.

Fig. 4. — Basculeur à tubes à vide.
(Voir partie anglaise, page 151e.)

Les tubes à cathode chaude utilisés comme commutateurs sont d'un usage très souple ; leur action est rapide et ils sont capables de fournir des puissances de sortie élevées. Cependant, on évite le plus possible leur emploi du fait de la consommation d'énergie permanente due au chauffage des cathodes.

Le transistron semi-conducteur[1] (fig. 3 *b*) a pour électrodes un émetteur *e*, une base *b* et un collecteur *c*, et il se comporte un peu comme un tube à vide à trois électrodes. Les différences principales sont qu'il fonctionne pour des tensions plus basses et que la variation du courant entre deux des électrodes, la base et le collecteur, est commandée plutôt par le courant traversant la troisième que par la tension qui lui est appliquée. La puissance dans le circuit de l'émetteur peut commander une puissance plus élevée dans le circuit du collecteur. Il existe deux modèles de transistrons, le transistron à pointes et le transistron jonction. Dans le premier, l'émetteur et le collecteur sont constitués par de fines pointes de contact qui appuient sur la base ; celle-ci est généralement faite d'un simple cristal de germanium, mais il est possible d'utiliser d'autres corps. Les caractéristiques de fonctionnement indiquées à la figure 3 *b)* correspondent à un transistron à pointes au germanium. Le transistron jonction consiste en un cristal, généralement de germanium, dans des sections duquel on a ajouté d'autres éléments en quantité infime ; la section du milieu, qui constitue la base, n'a que 0,05 mm d'épaisseur. Une caractéristique du transistron à pointes est qu'une variation de courant

[1] Voir les articles sur les transistrons publiés dans les nos 9 et 10 (septembre et octobre 1952) du *Journal des télécommunications*.

dans le circuit émetteur-base se traduit, pour toutes sortes de conditions de fonctionnement, par une plus grande variation de courant dans le circuit collecteur-base. Ceci conduit au circuit basculeur simple représenté à la figure 5. Ce circuit se maintient de lui-

Fig. 5. — Basculeur à transistron à pointes.
(Voir partie anglaise, page 152e.)

même dans l'un ou l'autre de deux états, l'un dans lequel l'émetteur est négatif par rapport à la base (cas où de faibles courants seulement passent dans les circuits de l'émetteur et du collecteur), et l'autre dans lequel l'émetteur est positif par rapport à la base (cas où des courants relativement intenses passent dans les deux circuits). On peut amener le circuit dans le premier état en appliquant une impulsion positive à la base, et dans le second état au moyen d'une impulsion de polarité opposée. Les tensions à l'émetteur et au collecteur ne doivent pas nécessairement dépasser respectivement 1 et 10 volts, et les courants ne doivent pas être en principe supérieurs à quelques milliampères, ce qui permet de faire une économie d'énergie appréciable par rapport aux tubes électroniques.

La triode à gaz de la figure 3 *c)* est munie d'une électrode de déclenchement *t*, plus rapprochée de la cathode que ne l'est l'anode. Il suffit, pour amorcer une décharge entre l'électrode de déclenchement et la cathode, d'une tension plus basse que celle qui, d'elle-même, produit une décharge entre l'anode et la cathode. L'amorçage entre l'électrode de déclenchement et la cathode provoque l'établissement d'une décharge entre l'anode et la cathode sans qu'il soit nécessaire d'agir autrement sur le circuit de l'anode ; une fois déclenchées, ces décharges se comportent comme les courants dans une diode et on ne peut les faire cesser qu'en ramenant les tensions au-dessous des valeurs critiques. On peut commander par le circuit de l'anode une puissance plusieurs fois supérieure à celle qui est nécessaire à l'électrode de déclenchement pour provoquer la décharge. L'amplification de puissance procurée par un tube à gaz est utilisée, dans le système Rotary 7E, pour multiplier la puissance transmise au relais ST du circuit de la figure 2 *b)* ; de nombreuses autres applications du domaine de la commutation reposent également sur cette propriété. Un tube unique avec une résistance anodique et une source d'énergie constitue un circuit basculeur à deux états naturellement stables, l'un avec courant et l'autre sans courant. Toutefois, pour passer du premier au second de ces états, il faut une puissance élevée, pour laquelle on prévoit ordinairement un second tube. Ceci nous conduit au schéma de la figure 6, dans lequel un

Fig. 6. — Basculeur à tubes à gaz à plusieurs positions.
(Voir partie anglaise, page 152e.)

grand nombre de tubes sont connectés en parallèle ; l'allumage de l'un quelconque des tubes par son électrode de déclenchement produit immédiatement l'extinction de tout autre tube qui se trouve être parcouru par un courant à ce moment-là. De cette manière, on obtient l'équivalent d'un commutateur à plusieurs positions.

La figure 3 *d)* représente un commutateur électronique à cathode chaude dans lequel la commande est effectuée par déviation d'un faisceau électronique. La structure de ce commutateur ressemble beaucoup à celle d'un tube à rayons cathodiques. La tension appliquée aux deux plaques de déviation D agit sur le faisceau de manière que celui-ci, ou bien rencontre une électrode de sortie, ou bien n'en rencontre aucune. Lorsque le faisceau parvient sur une électrode, un courant circule entre la cathode et cette électrode. L'agencement le plus souvent adopté comprend un certain nombre d'électrodes de sortie, soit dix ou plus, sur l'une quelconque desquelles le faisceau peut être dirigé à volonté. Un système de réaction entre les électrodes et les plaques de déviation permet de maintenir le faisceau en contact avec une électrode déterminée sur laquelle il est dirigé. Des tubes de ce genre peuvent être utilisés de la même manière que des sélecteurs électromécaniques pas à pas, mais, sous la forme que nous avons décrite, ils ne conviennent pas pour un service régulier, car il leur faut des tensions élevées et ils ne produisent que des faisceaux électroniques de faible intensité. Aussi n'a-t-on indiqué, sur la figure 3 *d)*, aucune caractéristique de fonctionnement pour ces commutateurs.

Pour chacun des quatre types de commutateur électronique considérés jusqu'ici, on a décrit un dispositif simple de verrouillage du circuit. Avec des modifications appropriées, on peut faire fonctionner ces circuits non seulement comme des relais à autoverrouillage, mais aussi comme des compteurs d'impulsions et des commutateurs à positions multiples de genres variés.

Un courant d'électrons entre une cathode froide et une anode peut être provoqué et commandé par deux autres procédés assez semblables, connus sous le nom d'émission secondaire et de photo-émission. Le premier consiste à bombarder une électrode par des électrons, en général par un faisceau cathodique ; cette électrode émet alors des électrons appelés électrons secondaires, proportionnellement au courant incident. Les électrons secondaires sont attirés sur un collecteur, si bien qu'un courant circule entre les deux électrodes pendant tout le temps que le faisceau arrive à la cible. On peut appliquer ce principe au commutateur de la figure 3 *d)*, ce qui le rend d'un usage plus pratique, et l'on a construit dans un but expérimental de petits centraux électroniques qui utilisent cet appareil comme commutateur de base. Dans un dispositif à photo-émission, une cathode construite spécialement émet des électrons proportionnellement à la quantité de lumière qui tombe sur elle, si bien que l'on peut, soit laisser passer, soit arrêter pour ainsi dire complètement le courant d'anode par la commande par tout ou rien d'un faisceau lumineux. Des photo-transistrons fonctionnant selon le principe ci-dessus et associés à des cartes métalliques perforées permettent maintenant

de réaliser des enregistreurs-traducteurs dans quelques centraux crossbar du Bell System aux Etats-Unis d'Amérique. Un élément de cet équipement comprend une carte pour chaque code à traduire, et chaque carte est perforée de 118 trous selon un schéma qui est le même pour toutes les cartes. Ces cartes, dont le nombre atteint un millier, sont rangées dans une boîte de manière que l'on ait normalement 118 fentes à travers l'ensemble des cartes ; la lumière traverse ces fentes à l'extrémité de chacune desquelles est placé un photo-transistron. Le bord inférieur de chaque carte est entaillé conformément au code que la carte représente et repose sur des barres de sélection qui constituent la base de la boîte. Quand l'appareil est en service, les barres de sélection sont commandées d'après le code qu'il s'agit de traduire et par le jeu duquel une seule carte, celle dont l'entaille du bord inférieur correspond aux barres de sélection commandées et par conséquent au code à traduire, peut descendre d'une petite hauteur. La chute d'une carte coupe la lumière parvenant sur les photo-transistrons, sauf sur un petit nombre d'entre eux correspondant à certains trous de la carte qui sont élargis vers le haut. Il en résulte que l'émission de ces photo-transistrons se poursuit sans changement, tandis que celle des autres subit une diminution. Les modifications du courant émis par les photo-transistrons sont amplifiées par d'autres transistrons pour commander des tubes à décharge gazeuse à cathode froide qui, à leur tour, commandent des relais classiques. La combinaison des relais commandés par la chute d'une carte effectue la traduction du code considéré.

Quelques notions générales de commutation

On peut considérer tous les commutateurs électromécaniques comme comprenant trois parties, à savoir, un élément moteur, un mécanisme et un assemblage de contacts. L'élément moteur contient au moins un électro-aimant dans l'enroulement duquel un courant électrique passe et s'interrompt, faisant ainsi basculer ou pivoter une armature qui actionne le mécanisme. Ce mécanisme relie l'élément moteur aux contacts. Il peut être simple, comme dans le cas d'un relais dans lequel le basculement de l'armature vers l'une ou l'autre de ses deux positions est communiqué tel quel aux ressorts de contact ; il y a donc ainsi une relation simple entre le courant dans l'enroulement et la position des contacts. Ce mécanisme peut aussi être compliqué, comme dans le commutateur Strowger, lequel exige la coopération de deux aimants dont chacun peut être actionné jusqu'à dix fois afin de réaliser l'opération consistant à amener les balais en contact avec l'un des cent jeux de contacts du banc de broches et à les maintenir dans cette position lorsque toute commande extérieure du mécanisme est supprimée. Les contacts d'un commutateur électromécanique peuvent être fermés ou ouverts. Lorsqu'ils sont fermés, ils n'offrent pour ainsi dire aucune résistance, et lorsqu'ils sont ouverts, ils offrent une impédance quasiment infinie à la plupart des courants téléphoniques. Enfin, ces commutateurs sont assemblés et connectés entre eux de diverses manières afin d'obtenir les systèmes que connaissent bien tous les techniciens de l'industrie téléphonique.

Après la description que nous venons de faire des centraux automatiques, et c'est là d'ailleurs une description que de nombreux ingénieurs du téléphone pourraient donner, les dispositifs électroniques qui ont été passés en revue dans les paragraphes précédents, avec leurs caractéristiques, paraissent si différents des appareils électromécaniques qu'il est souvent difficile de voir comment on peut réaliser les mêmes opérations de commutation à partir des deux catégories d'appareils. Les exemples que nous avons cités donnent quelques éclaircissements dans ce sens, mais bien des explications devraient encore être fournies. On peut surmonter la difficulté en donnant la description d'un central automatique plutôt par les fonctions qui y sont accomplies que par le matériel utilisé à cet effet. Il y a alors intérêt à examiner dans quelle mesure toutes les caractéristiques des commutateurs existants sont essentielles pour le rôle qu'ils jouent. Ceci conduit à mieux comprendre les diverses manières dont les commutateurs électroniques peuvent, dans certaines conditions, remplacer des commutateurs de type électromécanique, tandis que, dans d'autres conditions, ils ne le peuvent pas ; en revanche, cet examen ne montre pas comment des commutateurs électroniques pourraient être utilisés dans des conditions où les commutateurs électromécaniques ne le sont pas, parce que ces derniers sont d'un fonctionnement trop lent, ou qu'ils s'useraient trop vite, ou pour quelque autre raison. Ce dernier aspect du problème faisant actuellement l'objet de controverses, il nous semble préférable de nous en remettre à l'imagination des intéressés, que nous aiderons cependant quelque peu en décrivant certains des dispositifs électroniques en voie de réalisation dans les diverses branches de l'industrie électrique.

Les organes d'un central automatique entrent en action au moment où, un combiné ayant été décroché, un numéro est transmis par un cadran ; leur intervention est terminée lorsque les deux circuits de conversation sont reliés. On peut distinguer immédiatement deux genres d'opérations de commutation. L'un, que l'on appelle souvent « commutation logique », comprend l'appel et la libération, l'enregistrement du numéro, la sélection, et toutes les opérations qui contribuent à déterminer la connexion qui devra être établie par l'intermédiaire du central. L'autre opération peut être appelée « commutation de connexion » et elle consiste à établir les connexions entre les circuits de conversation et de transmission des signaux.

La figure 7 représente les contacts utilisés pour la commutation de connexion ; un tel schéma se retrouve, sous une forme ou une autre, dans tout

Fig. 7. — Connecteur à relais.

(Voir partie anglaise, page 153e.)

bureau commutateur. Les circuits 1 ou 2 peuvent être connectés au circuit 3 par les relais H1 ou H2. Les fils A et B transportent les courants de conversation et les contacts correspondants sont les contacts de connexion. A moins que la résistance de ces contacts ne soit nulle lorsqu'ils sont fermés, une certaine partie de la puissance vocale y est dissipée. Bien que ce fait soit regrettable, il n'est pas absolument inadmissible car l'affaiblissement, s'il a une valeur constante, peut être éventuellement compensé par des amplificateurs. La condition la plus importante est l'impédance que présentent les contacts lorsqu'ils sont ouverts : en principe, cette impédance doit être infinie, mais la mesure dans laquelle on peut s'écarter de cette condition théorique dépend de la valeur tolérable de la diaphonie entre les circuits 1, 2 et 3. L'affaiblissement de diaphonie doit être très élevé si l'on veut éviter la diaphonie intelligible ; en d'autres termes, l'impédance des contacts, lorsqu'ils sont ouverts, doit être très élevée. Plus exactement, il doit y avoir une grande différence entre l'affaiblissement existant quand il s'agit de connecter deux circuits et quand il s'agit de les déconnecter. En d'autres termes, si les connexions sont établies au moyen de contacts en série, le rapport entre les impédances de ces contacts selon qu'ils sont ouverts ou fermés doit être au moins égal à 10 000. Si ce rapport est plus faible, on peut néanmoins obtenir la différence d'affaiblissement nécessaire par quelque artifice, par exemple des contacts en série et en dérivation, comme le montrent les connexions, représentées en pointillé, sur un contact du relais H1. On peut alors imaginer facilement le remplacement des contacts par des redresseurs, remplacement dont on connaît déjà l'existence dans les circuits à commutation par la voix ; c'est ainsi que, dans la figure 8,

Fig. 8. — Connecteur à redresseurs.

(Voir partie anglaise, page 154e.)

les circuits 1 et 2 sont connectés ou non selon que le potentiel du point P est positif ou négatif par rapport à la terre. Finalement, cependant, le fait que la caractéristique essentielle soit la différence entre l'affaiblissement entre deux circuits lorsqu'ils sont déconnectés et lorsqu'ils sont connectés conduit à l'idée, dont on trouvera un développement plus loin, que la connexion entre des circuits peut être effectuée par l'une quelconque des méthodes courantes de transmission par amplificateurs et par courants porteurs, auxquelles un système de commutation logique est superposé pour commander la transmission.

Les contacts des fils C de la figure 7 sont aussi des contacts de connexion. Les relais H sont actionnés pendant l'établissement d'une liaison et ils se maintiennent en parallèle grâce au fil C jusqu'à ce qu'ils se libèrent. Dans ce cas, c'est un signal de maintien et non de conversation qui est transmis par les contacts. Les conditions imposées aux contacts C sont analogues à celles imposées aux contacts A et B, mais plutôt moins rigoureuses.

Considérons, comme introduction à la commutation logique, les quatre conditions différentes suivantes pour le comptage sur la ligne appelante ; celle-ci est supposée équipée d'un compteur d'abonné de type électromagnétique, et elle peut être connectée à une autre ligne, ou ligne appelée, par l'intermédiaire des organes du central :

a) l'aimant du compteur de l'abonné doit être alimenté tout le temps que la ligne appelée vient en position de réponse ou de re-réponse, et relâché à tout autre moment ;

b) la condition *a)* doit s'appliquer entre 6 heures du matin et minuit ; entre minuit et 6 heures du matin, le compteur de l'abonné ne doit pas fonctionner du tout ;

c) l'aimant du compteur de l'abonné doit être alimenté pendant une seconde chaque fois que la ligne appelée vient en position de réponse ou de re-réponse et doit être relâché à tout autre moment ;

d) l'aimant du compteur de l'abonné doit être alimenté pendant une seconde la première fois que la ligne appelée vient en position de réponse et doit être relâché à tout autre moment.

Les quatre conditions ainsi énoncées sous-entendent et exigent la conversion en signaux électriques des mouvements faits par un abonné appelé en décrochant et en raccrochant son combiné, mouvements qui peuvent se répéter plusieurs fois au cours de l'établissement d'un appel. L'appareil qui change la forme des signaux s'appelle un « transducteur ». Dans ce cas, il faut un « transducteur » qui effectue une conversion dans le sens mécanique-électrique ; celui que l'on emploie ordinairement est le support de combiné avec son contact pour fermer ou ouvrir la boucle des fils de ligne selon que le combiné est décroché ou raccroché. La condition énoncée sous *a)* exige simplement que les signaux de décrochage et de raccrochage soient transmis, par des contacts de connexion comme ceux du fil C de la figure 7, à l'enroulement du compteur de l'abonné, de telle manière que ce compteur fonctionne sous l'action des signaux de décrochage et se libère du fait des signaux de raccrochage. Ceci est représenté par la figure 9 *a)*,

Fig. 9 *(a-f)*. — Exemples de commutation logique.

(Voir partie anglaise, page 155e.)

au moyen d'une ligne interrompue en deux endroits pour marquer les contacts de connexion. Ce schéma ne décrit pas un système pratique, mais il illustre le plus simple des problèmes de signalisation, celui d'une relation linéaire entre une cause et l'effet désiré. Cependant, la transmission pure et simple du signal de décrochage au compteur n'est pas susceptible de donner satisfaction en pratique. Les signaux de décrochage et de raccrochage sont fréquemment des signaux à double courant ou autres, et ils exigent une « transduction » avant de pouvoir faire fonctionner un compteur à simple courant ; de plus, il faut presque toujours amplifier en puissance le signal de décrochage pour qu'il puisse actionner

le compteur. Il en résulte que l'arrangement le plus pratique est celui que donne la figure 9 *b)*, où l'on a intercalé un relais entre le fil recevant le signal de décrochage et le compteur. Le relais n'est pas, à strictement parler, un commutateur « logique » ; en logique, on part de prémisses données, et, par un argument, on arrive à une conclusion. Par analogie, la commutation dite logique part de signaux d'entrée représentant des causes qui sont les prémisses données ; elle en tire une conclusion sous forme d'un signal de sortie représentant l'effet qui doit résulter des données initiales. C'est la commutation logique qui relie les causes aux effets ; elle constitue ainsi l'argument qui, appliqué aux prémisses de l'entrée, permet d'aboutir à la conclusion voulue à la sortie. Deux signaux d'entrée, au moins, sont indispensables pour un commutateur logique. Puisque la condition énoncée en *a)* stipule simplement que le signal d'entrée doit être transmis aux organes de sortie, aucune commutation logique n'est nécessaire. Le relais indiqué sur la figure 9 *a)* est un amplificateur en même temps qu'un transducteur permettant de donner au signal de décrochage une forme qui convienne au fonctionnement du compteur.

En *b)*, on a aussi des conditions qui ne se présenteront probablement pas en pratique. Il s'agit d'un procédé élémentaire pour varier les conditions de tarification selon l'heure de la journée, et aussi d'un exemple de commutation logique avec deux données initiales, l'une étant le signal de décrochage et l'autre celui de l'heure. La figure 9 *c)* en donne l'illustration ; deux relais permettent de répondre aux conditions posées. Ces deux relais assurent non seulement la commutation logique nécessaire, mais encore, s'il y a lieu, l'amplification de puissance et la transduction du signal de sortie en une forme qui convienne au fonctionnement du compteur, tout comme le relais de la figure 9 *b)*.

La figure 9 *d)* montre un agencement de deux relais qui satisfait à la condition *c)*. Ces deux relais sont commandés par le signal de décrochage, le relais P sans retard et le relais Q après un retard d'une seconde. La question qui vient immédiatement à l'esprit est celle-ci : où sont les deux données initiales qui représentent le minimum nécessaire pour la commutation logique ? La réponse est qu'il y a bel et bien un signal d'entrée pour commander le relais P et un second signal d'entrée, une seconde après le premier, pour faire fonctionner le relais Q. Il est évident que le second signal peut être déduit du premier en faisant tout simplement intervenir en plus un certain retard. Le fait que le relais Q donne ce retard en même temps qu'il assure sa fonction de commutation fournit une illustration de la manière dont les éléments d'un système de commutation sont entremêlés. Une autre illustration est donnée par le fait que le relais Q vient au travail par l'intermédiaire d'un contact du relais P et non pas directement sous l'action du signal de décrochage ; le relais P agit ainsi comme un amplificateur pour le relais Q.

Dans la figure 9 *e)*, le relais Q agit comme un amplificateur pour un relais R qui introduit dans la commutation une nouvelle fonction, celle de la mémoire. Le relais R se rappelle que le signal de décrochage a été donné une fois et il empêche ensuite tout fonctionnement ultérieur du compteur de l'abonné, comme l'exige la condition *d)* : il ajoute en fait une troisième donnée initiale de la commutation logique. Pour une grande partie des opérations qui ont lieu dans un central, l'expression d'« opération de mémoire » est mieux appropriée que celle d'« opération de commutation » ; cette question est traitée plus loin dans le présent article. Il suffit d'observer ici que, du point de vue technique, le caractère essentiel d'un dispositif de mémoire est que celui-ci doit avoir plus d'un état stable, ce terme désignant un état dans lequel reste le dispositif lorsque quelques-unes au moins des commandes qui l'ont amené dans cet état, et de préférence toutes ces commandes, ont été supprimées. Le relais R reste ou bien au repos ou bien au travail et, dans ce cas, il y est maintenu par l'un de ses propres contacts. Les commutateurs et sélecteurs pas à pas Strowger ont de nombreux états stables, chacun d'eux correspondant à une position mécanique — dûment verrouillée — des balais.

De ce que nous venons de dire de la commutation logique avec relais, qui d'ailleurs est également vrai pour d'autres genres de commutateurs électromécaniques, on doit retenir que ces commutateurs, avec leurs enroulements, leurs mécanismes et leurs contacts, fonctionnent comme des amplificateurs de signaux, des transducteurs, des dispositifs de retard et de mémoire, et comme des commutateurs logiques, mais qu'en fait la nature même des commutateurs utilisés est sans réelle importance. Pour autant que les conditions à l'entrée peuvent être admises par le système et que le résultat désiré peut être obtenu sous une forme convenable, il est sans importance que l'on utilise des éléments moteurs, des mécanismes et des contacts dont l'impédance varie de 0 à l'infini, plutôt que des organes ayant des caractéristiques tout à fait différentes. C'est ici que commence la recherche de variantes sous forme d'appareils électroniques. L'amplification des signaux au moyen de tels appareils ne présente pas de difficultés et l'introduction de retards à l'aide de résistances et de capacités est évidemment possible. Des circuits basculeurs avec deux états d'équilibre ou plus possèdent les caractères essentiels des dispositifs de mémoire. Opérer la « transduction » d'une condition électrique à une autre condition électrique par des moyens électroniques n'est pas difficile à imaginer. La commutation logique actuellement réalisée par des chaînes de contacts ne peut pas être analysée aussi facilement sous la forme électronique ; ce trait particulier, ainsi que d'autres, de la commutation logique électronique, est illustré par l'exemple donné à la figure 9 *f)*. Dans cet exemple, on utilise deux amplificateurs magnétiques dans un circuit qui est équivalent à celui de la figure 9 *e)*. Chacun des amplificateurs SR1 et SR2 a un noyau magnétique à deux enroulements, *p* et *s*. Lorsqu'il n'y a pas de courant dans l'enroulement *p*, l'enroulement *s* constitue une forte impédance à la sortie du générateur G et ne

laisse passer qu'un très faible courant vers les circuits d'utilisation ; ceux-ci sont connectés par l'intermédiaire du redresseur WR1 dans le cas de l'amplificateur SR1 et des redresseurs WR2 et WR3 dans le cas de l'amplificateur SR2. C'est là la condition normale de l'appareil. Le courant dans p dépassant une valeur critique, le noyau magnétique se trouve saturé et l'enroulement s n'offre pour ainsi dire aucune résistance au courant du générateur G. Le signal de décrochage, en passant à travers R1, provoque la saturation du noyau de SR1, ce qui permet au courant de passer du générateur au redresseur WR1 et au condensateur C1, dont l'ensemble fonctionne comme un transducteur de courant alternatif en courant continu, qui produit un signal convenant à la commande du compteur. Le signal de décrochage envoie, d'autre part, un courant dans l'enroulement p de l'amplificateur SR2 à travers la résistance R2, mais la valeur critique qui provoque la saturation du noyau de SR2 est retardée d'une seconde par la capacité C4. Le courant du générateur G passe alors à travers l'enroulement s de SR2, et il est redressé par les redresseurs WR2 et WR3. On réinjecte le courant redressé par WR3 dans l'enroulement p de SR2 par l'intermédiaire de la résistance R4, avec une intensité telle que le noyau de SR2 reste saturé même si le signal de décrochage est remplacé par le signal de raccrochage. L'amplificateur SR2 est désormais verrouillé comme le relais R de la figure 9 *e)*. Le courant redressé par WR2 est injecté à travers la résistance R3 pour annuler l'effet du signal de décrochage dans l'enroulement p de l'amplificateur SR1 ; grâce au redresseur WR4, le courant à travers cet enroulement est pratiquement nul. L'enroulement s de l'amplificateur SR1 présente donc de nouveau une forte résistance et aucun courant n'est plus envoyé vers le compteur.

Les notions générales de commutation que nous venons de donner devraient presque suffire à montrer comment peuvent être conçus les équivalents électroniques des systèmes electromécaniques. On aura peut-être encore une difficulté à voir l'équivalent des commutateurs Strowger et d'autres commutateurs qui ont un très grand nombre d'états d'équilibre. Une manière de surmonter cette difficulté consiste tout d'abord à convertir les commutateurs en relais, à raison d'un relais pour chaque état d'équilibre, et ensuite à remplacer chaque relais par un tube à gaz, une valve ou un circuit basculeur à transistron. Le résultat ne sera probablement pas un système susceptible de concurrencer les autres en ce qui concerne le prix de revient, mais il peut aider à comprendre les problèmes en jeu et à saisir pourquoi l'application des commutateurs électroniques dans les centraux a été limitée jusqu'ici à quelques relativement petits éléments de commutation logique. Mais oublions pour le moment les questions de prix, et supposons qu'une proportion notable, et peut-être même la totalité des organes d'un central, soit électronique. Quelle performance peut-on attendre des appareils électroniques par rapport à celle des types d'appareils actuellement en service ?

Comparaison entre la commutation électromécanique et la commutation électronique

Presque tous les défauts des systèmes téléphoniques électromécaniques existants peuvent être attribués à trois causes : les mauvais contacts, l'usure de certaines pièces et les connexions défectueuses dans le câblage. Nous décrirons d'abord ces défauts ainsi que leurs équivalents dans les systèmes électroniques.

La certitude que l'on peut avoir que les atomes de deux surfaces conductrices seront mis en contact dépend de l'état des surfaces considérées. Si l'on peut maintenir ces surfaces exemptes de pellicules d'impuretés de faible conductivité, de même que de poussière, d'huile et d'autres substances transportées par l'atmosphère ou produites par le mécanisme qui actionne les contacts et déposées ensuite sur ceux-ci, on obtient alors un bon contact chaque fois que les deux surfaces sont pressées l'une contre l'autre. On est arrivé en pratique à obtenir quelque chose d'approchant, sans toutefois être parvenu à la perfection. Des contacts jumelés, dont l'emploi avec les relais est courant, réduisent le risque de mauvais contact à une valeur très faible, mais non pas à zéro. On a construit des contacts de métal très pur et très propre, enfermés hermétiquement dans un tube de verre rempli d'un gaz inerte et commandés par un flux magnétique appliqué de l'extérieur ; ces organes peuvent satisfaire aux conditions d'un contact parfait, mais leur coût élevé a jusqu'à présent empêché que leur emploi ne se généralise. Le contact ainsi établi est extrêmement sûr, mais le risque existe que des surfaces d'une grande pureté et d'une grande propreté, étant donné la très faible valeur des forces qui leur sont appliquées, donnent lieu au défaut opposé, à savoir que le contact se colle et ne s'ouvre pas lorsque la force de commande est supprimée.

Un commutateur électronique ne présente aucune surface au contact de l'atmosphère et, par conséquent, il n'est pas sujet aux difficultés dues à cette cause. Son fonctionnement régulier et continu dépend en revanche de la stabilité de l'état physique et chimique des organes intérieurs au commutateur, stabilité qui est loin d'être le propre des dispositifs électroniques. Le fonctionnement efficace d'un bon nombre d'entre eux dépend même de modifications dues à un processus de formation intervenant après la fabrication et la fermeture du tube. Ceci est vrai pour les diodes à émission froide et pour les transistrons à pointes, ainsi que pour les valves à cathode chaude dont les cathodes, afin d'augmenter leur pouvoir émissif, ont été recouvertes d'oxyde de baryum ou de quelque autre substance. Il n'est pas toujours possible d'arrêter ces processus exactement au stade désiré et d'empêcher qu'ils ne continuent à se manifester lentement pendant la vie du commutateur. Les appareils qui comprennent des électrodes dans le vide ou dans une enceinte gazeuse sont sujets à d'autres modifications, dues à des phénomènes d'absorption ou de passage de très petites quantités de gaz à l'intérieur et à l'extérieur des surfaces de verre et de métal, ainsi qu'à des pertes de matière arrachée à une surface par le bombardement ionique

pour aller se déposer ailleurs. Le bombardement ionique de la cathode, indispensable au fonctionnement d'un tube à cathode froide à décharge dans un gaz, tend à détruire la chemise dont on a souvent revêtu la cathode afin de faciliter la production des électrons par le bombardement. En dépit de nombreuses difficultés, des progrès marqués ont été réalisés dans le sens de la compréhension et du perfectionnement de la stabilité et des caractéristiques des organes électroniques. Des tubes à cathode chaude de grande efficacité et d'une durée de vie indéfinie ont été construits pour des buts spéciaux, par exemple pour des répéteurs installés sur des câbles immergés en permanence dans l'océan. Une construction soignée rend la vie des tubes à gaz très longue ; en même temps, les courants de décharge sont limités à de faibles valeurs afin de préserver la cathode. La stabilité des caractéristiques des organes semi-conducteurs est liée étroitement aussi à la densité de courant ; en fait, si le dégagement de chaleur reste assez faible, il n'existe aucun motif évident de détérioration. Il convient de remarquer que, bien que la détérioration interne d'un commutateur électronique soit équivalente, à certains égards, aux mauvais contacts des commutateurs électromécaniques, l'imminence de perturbations dues à cette détérioration peut être décelée par de simples essais courants, tandis que les défauts des contacts, qui sont en grande mesure un phénomène erratique, ne peuvent être prévus.

Le fonctionnement d'un commutateur électromécanique implique le mouvement d'un élément moteur et d'un mécanisme. Ce mouvement entraîne de l'usure, si bien qu'un service de maintenance doit effectuer des réglages et changer les pièces usées. Le problème qui se pose consiste à réaliser un système et des appareils compatibles avec les caractéristiques des matériaux disponibles et avec un prix de revient donné du service téléphonique. Dans ce cadre, il n'est pas difficile de faire durer quarante ans, et au delà, la plus grande partie des organes des centraux avec un entretien très réduit. Mais c'est dans les domaines où les organes des commutateurs électromécaniques ont une vie courte et coûteuse que les appareils électroniques trouveront leur emploi. Ceux-ci ne sont pas sujets à l'usure puisque leur fonctionnement n'exige aucun mouvement mécanique ; cependant, on peut constater l'existence d'un effet équivalent. Le flux d'électrons à l'intérieur d'un commutateur électronique est commandé par une variation d'intensité ou de tension provoquée en dehors de ce commutateur par des courants qui traversent des résistances, des capacités et des inductances. Or, les modifications de ces organes sous l'effet du temps et de l'usage entraînent de légères variations des conditions de commande des commutateurs, lesquels cessent de fonctionner lorsque ces variations dépassent certaines limites ; et ceci revient au même que l'usure d'un dispositif électromécanique. Bien que le résultat soit le même que celui de l'usure, la cause est à peu près, sinon parfois absolument, indépendante du nombre de fois que le commutateur électronique a fonctionné. A l'heure actuelle, les résistances et les capacités de haute stabilité sont d'un prix élevé. La stabilité et le degré de précision des résistances et des capacités à bas prix, produites en série, sont suffisants pour la plupart des applications industrielles lorsque les installations comprennent au plus quelques centaines de ces pièces ; il en va autrement en ce qui concerne leur emploi par dizaines de milliers dans les centraux téléphoniques. Le taux annuel des dérangements, dus pour la plupart à des ruptures de connexion, est actuellement égal à 1 millième des pièces utilisées ; il devra être amélioré au moins 10 fois avant que le coût du repérage et du remplacement des pièces défectueuses soit devenu suffisamment bas. Il s'agit ici surtout d'un problème de fabrication, de production de pièces détachées qui soient précises et stables avec le temps, tout en étant bon marché. Ce même problème se pose à l'ensemble de l'industrie électronique, et il faut s'attendre, ne serait-ce que pour cette raison, à ce que de grands efforts soient faits pour le résoudre. La simplicité inhérente aux pièces considérées nous incite à croire qu'elles pourront être rendues d'un emploi suffisamment sûr à l'avenir.

L'un des problèmes les plus importants est celui des raccords défectueux dans le câblage de l'équipement téléphonique automatique de tout genre. Il existe inévitablement un grand nombre de connexions permanentes entre des fils et des broches sur les relais, des supports de lampes, etc. Une fraction infime de ces raccords n'étant pas faits convenablement, en général par suite d'une mauvaise soudure, peut être la source de perturbations disproportionnées et continues pendant toute l'existence du central. Ces perturbations sont disproportionnées parce que chaque conversation traversant le central intéresse un grand nombre de raccords de fils dont l'un quelconque, s'il est défectueux, compromet la conversation ; en outre, elles sont continues parce que les joints défectueux se manifestent d'une manière erratique durant toute l'existence du central, tandis que les vibrations, la corrosion des surfaces exposées ou d'autres phénomènes transforment les raccords en résistances élevées. Les joints défectueux font l'objet d'études depuis fort longtemps. Les Bell Telephone Laboratories ont mis au point une méthode de fabrication des raccords dans laquelle les fils sont enroulés autour d'une broche rectangulaire sectionnée ; cette méthode paraît devoir fournir la solution du problème.

En résumé, on peut dire que l'équipement électronique n'offre pas, pour le moment, d'avantages marqués sur l'équipement électromécanique en ce qui concerne les défauts équivalant aux mauvais contacts et à l'usure des pièces, mais il se peut fort bien que des avantages se manifestent à l'avenir. Les joints défectueux du câblage des appareils de tous types devraient disparaître dans le futur en tant que cause de perturbations.

La rupture de pièces a pour ainsi dire cessé d'être une cause de dérangement dans les centraux électromécaniques, mais ce stade n'a pas encore été atteint

pour les appareils électroniques. Le bris des enveloppes de verre, des soudures entre les électrodes et leur support, et d'autres défectuosités de ce genre se produisent encore assez souvent pour constituer un problème, de faible envergure cependant, car de tels accidents se manifestent en général très tôt après la mise en service des appareils, et de manière telle que leur repérage est facile. Dans ce cas également, il faut s'attendre à ce que des progrès soient réalisés au fur et à mesure du perfectionnement des méthodes de fabrication.

La différence la plus importante entre les commutateurs électroniques et électromécaniques réside probablement dans les vitesses de commutation dont chacun de ces appareils est capable. Il n'est pas difficile de fabriquer des commutateurs électroniques qui commutent mille fois plus vite que les commutateurs électromécaniques les plus rapides. Ce fait, qui s'ajoute à celui que la durée de vie d'un commutateur électronique ne dépend guère du nombre de fois que celui-ci a fonctionné, a déjà été mentionné comme ouvrant la voie à de nouveaux modes de fonctionnement des appareils des centraux, dont nous donnerons plus loin quelques exemples.

Une comparaison intéressante entre les deux modes de commutation qui nous occupent est celle des puissances totales qu'un central téléphonique consomme pour fonctionner. La somme des puissances vocales maximums de toutes les conversations qui passent par un central à un moment quelconque dépasse rarement 1 watt. Il est évident qu'un commutateur électronique doit continuellement absorber, tant dans la position « ouvert » que « fermé », une puissance au moins égale à celle qu'il commute. Ordinairement, le rapport de la puissance absorbée à la puissance commutée, dicté par des considérations pratiques, est beaucoup plus grand que l'unité, mais même s'il en est ainsi, il est clair qu'il n'est pas impossible que l'on parvienne dans l'avenir à réaliser des centraux à très faible consommation de puissance. Actuellement, les appareils de commutation téléphonique sont concentrés dans des bâtiments et réunis en groupes assez importants pour deux raisons principales, l'alimentation en énergie et la facilité d'accès pour l'entretien. Des appareils qui ne nécessiteraient pas d'entretien et auxquels suffirait une puissance si faible qu'il serait facile de l'amener par le réseau de transmission téléphonique lui-même, offriraient la possibilité de décentraliser la commutation. Ceci aurait une grande importance du point de vue économique, et l'on voit que les deux conditions essentielles imposées sont réalisables dans le cadre du développement de l'électronique.

L'électronique dans les centraux : les appareils actuellement utilisés et en projet

Nous avons mentionné ci-dessus que les tubes à gaz et les photo-transistrons ont déjà été introduits dans la pratique en tant qu'éléments d'organes de commutation dans des installations essentiellement électromécaniques. L'étape à franchir maintenant consiste à mettre en service des appareils électroniques complets. Deux dispositifs nouveaux, que nous nous proposons maintenant de décrire, montrent que cette étape a déjà commencé.

Le Post Office du Royaume-Uni utilise, dans les grandes zones téléphoniques métropolitaines, le système « Director » qui consiste en commutateurs Strowger commandés par des enregistreurs-traducteurs appelés « directeurs ». Le directeur reçoit six chiffres transmis par cadran ; il traduit les deux premiers en chiffres d'acheminement, lesquels sont transmis aux commutateurs sous forme d'impulsions et peuvent comprendre un nombre quelconque de chiffres allant jusqu'à six, puis il répète sans changement les quatre derniers chiffres reçus. Un certain nombre de directeurs, en service depuis le mois de mai 1952 au central Richmond à Londres, sont entièrement électroniques, à l'exception des quelques relais nécessaires pour relier le commutateur électronique au commutateur électromécanique existant. Les directeurs électroniques sont divisés en deux parties : d'une part, des enregistreurs, d'autre part, un traducteur commun à un groupe d'enregistreurs. Chacun des six chiffres reçus dans un enregistreur est enregistré sur une chaîne de onze tubes à décharge dans un gaz. Un distributeur de chiffres commande successivement l'allumage des premiers tubes des chaînes, au fur et à mesure de la réception complète de chaque chiffre. Les impulsions correspondant à un chiffre sont dirigées vers la chaîne dont le premier tube s'allume lorsque le chiffre commence, et chaque impulsion fait allumer le tube placé immédiatement après dans la chaîne, en commençant par le premier tube. Le traducteur est muni d'une série de tubes à gaz comprenant jusqu'à cent tubes, dont chacun correspond à l'un des numéros formé par les deux premiers chiffres des numéros qui peuvent être emmagasinés dans les enregistreurs. Il y a toujours un tube, et un seulement, qui s'allume dans la série, la lueur passant d'un tube à l'autre 90 fois par seconde. L'enregistreur qui a reçu deux chiffres arrête la chaîne de tubes à gaz du traducteur au point correspondant au nombre formé par les deux chiffres, et ce point définit les chiffres de traduction. L'enregistreur reçoit les chiffres de traduction du traducteur, les envoie vers les commutateurs Strowger et ajoute ensuite les quatre derniers chiffres qu'il a reçus et emmagasinés. Cette installation a démontré que les directeurs électroniques peuvent être aussi sûrs que les enregistreurs-traducteurs électromécaniques originaux et qu'ils ne nécessitent pas plus d'entretien. On n'attendait pas davantage d'un essai entrepris principalement pour acquérir de l'expérience dans le fonctionnement de dispositifs électroniques d'une certaine importance dans les centraux téléphoniques. On projette de nouveaux essais, et notamment celui d'un enregistreur-traducteur pour des numéros à sept chiffres et la traduction des trois premiers chiffres. Il y a là aussi un traducteur commun à une série d'enregistreurs, mais, dans ce cas, le traducteur est relié tour à tour et à grande vitesse à chaque enregistreur, et lorsqu'un de ceux-ci a reçu trois

chiffres et que son tour est arrivé d'être relié au traducteur, il envoie les trois chiffres à ce dernier et reçoit en retour les chiffres de traduction, tout cela à grande vitesse.

Un nouveau perfectionnement important dans l'application de l'électronique aux centraux téléphoniques est en voie de réalisation par la Bell Telephone Manufacturing Company d'Anvers. Cette compagnie est en train de construire et de monter un central utilisant un nouveau système qui repose, pour établir les connexions de conversation, sur la combinaison d'un commutateur mécanique employant des contacts à pression de métaux précieux, et de l'application généralisée des appareils de commande électroniques. Ces derniers sont caractérisés par l'utilisation de méthodes analogues à celles employées en transmission pour la modulation par impulsions en fonction du temps. Ces méthodes sont utilisées pour l'identification de lignes d'abonnés ou de sorties de commutateurs à l'aide d'analyseurs qui utilisent des résistances et des redresseurs secs seulement, d'un nombre restreint de triodes chaudes, ainsi que de tubes à trois électrodes à cathode froide de conception classique. On n'a pas encore publié d'autres détails au sujet de ce système.

Les dispositifs électroniques de mémoire et leurs emplois dans les centraux

Nous avons déjà mentionné les dispositifs de mémoire comme des éléments importants des centraux téléphoniques. Dans le présent chapitre, nous examinerons de façon assez détaillée la question de la mémoire. D'une manière générale, il faut mémoriser suffisamment de renseignements pour satisfaire à tout ce qu'un usager appelant peut exiger d'un central. Une partie de ces renseignements concerne l'appel particulier qui est traité au moment considéré, par exemple le numéro demandé. Ces renseignements sont dits temporaires, et la mémoire n'en est gardée qu'aussi longtemps que l'appel est en cours d'établissement. D'autres renseignements doivent être disponibles à tout moment, et c'est pourquoi on les appelle permanents. Ceux-ci comprennent, parmi de nombreux autres, les indications relatives à l'acheminement et la taxation des conversations pour diverses destinations ; en outre, pour chaque numéro d'appel, il faut savoir s'il concerne une ligne unique ou un groupe de lignes, ou s'il est provisoirement inoccupé et non encore attribué à un abonné. Dans les centraux manuels, la plus grande partie de la « mémoire temporaire » et une bonne partie de la « mémoire permanente » incombe aux opératrices qui doivent se rappeler pendant quelque temps les renseignements communiqués par les demandeurs, et en permanence certaines instructions fixées par l'administration exploitante. Les autres éléments de la mémoire permanente consistent en indications portées sur des cartes munies d'un index et fixées sur les positions d'opératrices ou écrites sur le multiple et sur les réglettes de marquage. Même la mémoire permanente doit être modifiable sans trop de difficulté pour s'adapter aux caractéristiques à évolution lente du système. Il existe encore une catégorie d'opérations effectuées dans un central qui présentent, dans une large mesure, le caractère d'une mémoire temporaire, celles qui indiquent les circuits libres et ceux qui sont occupés lorsqu'une liaison doit être établie, de façon qu'un acheminement convenable puisse être trouvé. Dans les centraux automatiques, tous les renseignements nécessaires au fonctionnement du central doivent être enregistrés sur des appareils mécaniques installés au central même. Dans les centraux électromécaniques, la « mémoire temporaire » consiste souvent en des groupes de relais qui emmagasinent, par exemple, les chiffres, au fur et à mesure que ceux-ci sont envoyés par le cadran. L'indication « libre » ou « occupé » est donnée par la position mécanique d'un commutateur qui établit la connexion avec une ligne par deux de ses contacts mobiles, balais ou lames-ressorts d'un relais, et envoie un signal par un troisième contact mobile, pendant tout le temps que le commutateur est dans cette position, pour indiquer que la ligne est occupée et ne peut pas être utilisée pour une autre connexion. La « mémoire permanente » consiste fréquemment en câblages. Le câblage du champ de traduction d'un enregistreur-traducteur garde la mémoire des traductions pour les numéros qui peuvent être demandés, et le câblage de la tonalité d'abonné inaccessible sur les broches d'un banc de contacts garde la mémoire des numéros du central qui ne sont pas encore attribués à des lignes en service. Des trous perforés dans des cartes ou des rubans représentent un procédé de mémoire dont les usages sont très nombreux et dont une application à un enregistreur-traducteur a été décrite plus haut.

Il y a lieu de remarquer également qu'une partie importante des appareils de mémoire d'un central est celle qui enregistre le nombre d'unités de taxe que chaque ligne a accumulées et qui consiste, dans les types de centraux actuels, en compteurs de communications pourvus de roues numérotées restant dans la position sur laquelle elles sont réglées, et constituant ainsi une mémoire.

Les tubes à vide, les tubes à gaz et les transistrons peuvent être facilement aménagés pour effectuer des opérations de commande, de verrouillage, de comptage, de traduction et, en général, pour remplir des fonctions analogues à celles des relais et des dispositifs électromécaniques de toute nature. Il y a cependant une série de dispositifs électroniques de mémoire, d'un grand intérêt, qui ne sont pas des équivalents aussi immédiats d'organes électromécaniques connus. Un trait commun à ces nouveaux appareils est leur capacité d'enregistrer une quantité donnée de renseignements dans un espace beaucoup plus restreint, et d'enregistrer une grande quantité de renseignements pour une dépense très réduite ; ceci revient à dire que l'on peut désormais garder, dans un central, la mémoire d'une quantité de renseignements beaucoup plus grande qu'il n'a jamais été possible de le faire jusqu'ici. Il est encore trop tôt pour évaluer avec exactitude la signification de ces

faits, mais ils pourraient fort bien se révéler d'une importance capitale. Comme nous l'avons déjà relevé, en matière de commutation, des possibilités non réalisables au moyen de commutateurs mécaniques sont maintenant ouvertes grâce à la plus grande vitesse de fonctionnement des appareils électroniques et à leur capacité de travail continu, sans usure rapide. La capacité de mémoire, peu coûteuse mais étendue, peut fort bien avoir un effet analogue ; ceci apparaîtra peut-être plus clairement lorsque nous aurons décrit deux dispositifs parmi plusieurs autres, dont l'un est utile principalement pour la mémoire temporaire, et l'autre, de très grande capacité, approprié à la mémoire permanente aussi bien qu'à la mémoire temporaire.

On a produit récemment des matériaux magnétiques qui se saturent dans des champs magnétisants de faible intensité, et qui conservent le flux de saturation même lorsque l'action magnétisante est supprimée. Un fragment d'une substance de cette espèce, employé avec un circuit électronique approprié, peut remplir les fonctions d'un relais utilisé comme dispositif de mémoire, mais cela ne présente aucun avantage s'il s'agit de remplacer un relais seulement. En revanche, des avantages sont réalisables au point de vue de l'encombrement et du prix lorsqu'un grand nombre de relais peuvent être remplacés par un nombre égal de fragments de cette nouvelle substance, et que le circuit électronique associé peut être partagé entre ces derniers. Ces conditions se rencontrent en particulier dans les enregisteurs. Dans l'une des applications pratiques, le matériau magnétique prend la forme de bobines toroïdales de deux ou trois millimètres de diamètre extérieur et de longueur à peu près égale, à travers chacune desquelles passent deux fils constituant les enroulements primaire et secondaire d'un transformateur. En faisant passer le courant à travers le primaire dans un certain sens, puis en l'arrêtant, on laissera l'un des noyaux saturé dans un sens que nous appellerons A. Un courant de sens opposé produira la saturation dans le sens B, opposé à A. On peut faire correspondre ces deux états A et B aux deux positions d'un relais, position de repos et position de travail avec collage, de la manière suivante. Supposons que l'aimantation normale du noyau soit dans le sens A et qu'il passe en position dite de travail, lorsqu'il est aimanté dans le sens B. Pour déterminer dans lequel des deux états il se trouve à un moment quelconque, on envoie dans l'enroulement primaire, au moyen du circuit électronique associé, un courant qui produit l'aimantation A et l'on recherche si une tension est alors induite dans le secondaire. Si le noyau était déjà dans l'état A, le courant ne modifie pas le flux magnétique et ne produit aucune induction dans l'enroulement secondaire ; si le noyau était dans l'état B, il y a alors une modification du flux et, par conséquent, une tension induite dans l'enroulement secondaire. Le fait que le noyau n'indique pas son état d'une manière continue de la même façon qu'un relais peut le faire, mais qu'il faut au contraire le vérifier à des moments prédéterminés d'un cycle d'opérations, ne présente aucun inconvénient dans des applications telles que l'enregistrement des numéros dans les enregistreurs. Dix bobines toroïdales par chiffre décimal remplacent un nombre égal de relais ou de commutateurs utilisés pour le comptage, avec un encombrement plus réduit et à un prix inférieur si le nombre de chiffres dépasse deux ou trois.

Le dispositif de mémoire à grande capacité que nous allons décrire maintenant n'est pas purement électronique, car il comprend un élément mû mécaniquement, à savoir un cylindre en rotation continue. La seule usure est celle des coussinets, qui sont bien conçus et faiblement chargés. A tous autres égards, l'appareil est électronique. Le cylindre, non magnétique, est enrobé d'une mince couche d'un matériau magnétique. Un nickelage électrolytique d'une épaisseur de 0,02 mm, recouvrant la surface, est ordinairement utilisé pour constituer ce revêtement, qui est l'élément de mémoire sur lequel des enregistrements magnétiques sont effectués au moyen d'un certain nombre de têtes à position fixe. Chaque tête agit sur une piste circulaire d'environ un millimètre de largeur autour du cylindre et, lorsqu'elle enregistre, un courant passant dans son enroulement sature magnétiquement la partie de la piste immédiatement sous-jacente. Pour faire un enregistrement, on inverse le courant de l'enroulement et on le rétablit rapidement ; une partie minuscule de la surface latérale du cylindre se trouve alors dans un état magnétique différent de la normale. Cette partie, en passant sous une tête de lecture (qui peut être la tête d'enregistrement utilisée à un autre moment, ou une tête distincte), y induit une force électromotrice. Comme l'enregistrement n'est pas effacé par la lecture, il peut être maintenu indéfiniment et lu aussi souvent qu'on le désire. Chaque élément enregistré est équivalent à un relais qui, restant dans l'état de travail ou de repos qui lui a été imposé, se comporte comme une mémoire. La surface nécessaire pour un élément d'enregistrement est si petite qu'on peut rassembler sur une piste un très grand nombre d'enregistrements, 3000 ou davantage. Comme il est facile de construire des cylindres portant au moins 200 pistes, on voit que l'on peut réaliser et exploiter avec succès une capacité totale d'enregistrement dépassant un million d'éléments. Une caractéristique importante de l'appareil est la synchronisation très exacte de la rotation du cylindre avec une source extérieure de fréquence étalon ou d'impulsions. Chaque élément d'une piste est ainsi identifiable par rapport à un élément de temps dérivé de la source étalon ; pendant cet élément de temps, ou bien un enregistrement peut être fait sur l'élément de piste, ou bien l'enregistrement peut être lu par un équipement commun à tous les éléments de la piste.

Le dispositif de mémoire à cylindre magnétique semble devoir présenter de l'intérêt pour les centraux téléphoniques dans les cas où l'on doit utiliser en grand nombre des appareils qui fournissent ou exigent une grande capacité de mémoire. Les enregistreurs-traducteurs des grands centraux en sont un bon exemple ; c'est pourquoi on a songé à leur

appliquer ce procédé. Dans l'un des montages employés, un certain nombre de pistes sont utilisées comme mémoire temporaire des numéros envoyés au cadran et transmis à un nombre d'enregistreurs pouvant atteindre la centaine. D'autres pistes portent l'enregistrement permanent des traductions correspondant à des numéros qui peuvent être transmis par cadran. Chaque traduction est identifiée soit par un enregistrement associé, soit par la position qu'elle occupe sur le cylindre. L'un des problèmes qui se posent consiste à relier les numéros enregistrés avec les traductions mémorisées, de manière que la traduction correspondant à un numéro complet puisse être extraite de la mémoire ; ce problème peut être résolu avec relativement peu d'appareils. En fait, un cylindre, avec un nombre assez faible d'autres appareils, peut remplacer jusqu'à 100 enregistreurs-traducteurs de type classique avec une économie sensible d'argent et d'encombrement. On peut imaginer un certain nombre d'autres utilisations pour l'appareil à cylindre magnétique. L'une d'elles, applicable aux centraux existants aussi bien qu'à ceux de types nouveaux, est le comptage des communications pour la facturation à l'abonné. Actuellement, chaque ligne d'abonné est munie, à cette fin, d'un compteur de communications qui est essentiellement un compteur décimal. Selon une autre méthode, une section de piste d'un enregistreur à cylindre peut être attribuée à chaque ligne, les éléments de cette section agissant comme un compteur pour compter, d'après un système de numérotation binaire, des impulsions identiques à celles qui font fonctionner actuellement les compteurs de communications individuels. De cette manière, un seul cylindre peut servir pour le comptage de deux mille lignes d'abonnés ou plus. Le passage de la numérotation binaire à la numérotation décimale est effectué par l'appareil de lecture. La partie la plus séduisante de ce montage est que les enregistrements peuvent être lus, à un moment quelconque, par des procédés entièrement mécaniques sous forme imprimée ou sous une forme convenant aux méthodes de comptabilité mécanique. Ce système pourra permettre de réaliser une amélioration considérable tant au point de vue de l'exactitude qu'en ce qui concerne la réduction des frais de comptabilité.

Les centraux entièrement électroniques

On peut voir, d'après ce que nous avons dit jusqu'ici, que l'électronique convient fort bien aux fonctions de commutation et de mémoire dans les centraux téléphoniques, qu'à ce titre elle pénètre lentement dans la pratique, et que ses possibilités dans ces domaines n'ont pas encore été épuisées. Les progrès actuels conduisent donc à des systèmes mixtes, à la fois électromécaniques et électroniques, chacun des deux éléments étant utilisé là où, pour le moment tout au moins, ses qualités l'emportent sur celles de l'autre. Une curiosité naturelle conduit alors à se demander quelles sont les chances pour que des centraux entièrement électroniques se révèlent capables de concurrencer des systèmes au moins en partie électromécaniques. La principale transformation à réaliser pour passer des centraux partiellement électroniques aux centraux entièrement électroniques consiste à rendre électroniques les connecteurs. Ceux-ci existent actuellement sous forme de connecteurs Strowger, Rotary, Crossbar, et d'autres encore, dont la caractéristique commune est que les courants de conversation ne subissent aucun affaiblissement en passant à travers les contacts. Il n'existe aucun commutateur électronique qui présente exactement les mêmes caractéristiques ; le modèle électronique qui s'en rapproche le plus se rencontre dans quelques types, mentionnés précédemment, de tubes à décharge dans un gaz dans lesquels, lorsque la décharge se produit, la résistance entre anode et cathode devient négative pour de petites variations de tension et d'intensité. Il y a alors une légère diminution de l'affaiblissement qui peut se produire dans les transformateurs ou d'une autre manière. Des tubes à gaz peuvent servir de connecteurs, analogues à ceux du système crossbar, comme le montre la figure 10 dans laquelle l'un quelconque des circuits de conversation $n1$, $n2$ et $n3$ peut être relié à l'un quelconque des circuits $m1$ et $m2$ par allumage du tube placé au point d'intersection des deux circuits. Des commutateurs électroniques ayant une résistance appréciable dans la position « fermé » peuvent être utilisés au lieu de tubes à gaz si l'on a prévu des amplificateurs pour compenser les pertes de transmission. Les centraux montés de cette manière sont assez simples, mais ils nécessitent un grand nombre de tubes.

Fig. 10. — Connecteur à tubes à gaz.
(Voir partie anglaise, page 161e.)

Il existe un type de connecteur qui repose sur les procédés utilisés en transmission pour la téléphonie multiplex et dans lequel on peut employer soit la répartition en fréquence, soit la répartition dans le temps. La figure 11 montre des circuits $n1$, $n2$ et $n3$, associés en système multiplex pour la transmission de courants de conversation au circuit commun H1 sur des porteuses de fréquences $f1$, $f2$ et $f3$ et pour la réception du circuit commun H2 sur les mêmes fréquences porteuses ; les extrémités des circuits $m1$ et $m2$ utilisent pour la transmission et la réception les ondes porteuses x et y qui peuvent être réglées par le système de commande sur l'une des fréquences porteuses $f1$, $f2$ ou $f3$. On peut établir une connexion entre un circuit m et l'un quelconque des circuits n par sélection et commutation de la fréquence porteuse appropriée sur le circuit m. Des connecteurs utilisant les méthodes de modulation par impulsions en fonction du temps ont des extrémités multiplex comme le montre la figure 11, mais ils emploient des trains d'impulsions espacés dans le temps au lieu de fréquences porteuses. Des commutateurs du

Fig. 11. — Connecteur multiplex.
(Voir partie anglaise, page 161e.)

type multiplex permettent d'éviter la commutation directe des circuits de conversation et remplacent celle-ci par la commutation de fréquences porteuses ou d'impulsions dans le temps. On peut réaliser de cette manière une certaine simplification, en réduisant en outre le coût de la commutation aux dépens des installations multiplex terminales. Celles-ci peuvent être cependant grandement simplifiées par rapport à celles qui sont utilisées communément pour la transmission à grande distance, car il ne se pose pas de problème dû à la distance et qu'il n'y a pas besoin d'économiser sur la largeur de bande. Elles sont néanmoins toujours coûteuses en tant qu'organes de commutation et on ne peut en tirer avantage en ce qui concerne le prix qu'en les employant dans de grands commutateurs, prévus par exemple pour 100 circuits n ou m, ou davantage. Si le nombre des circuits n est égal à N et celui des circuits m à M, le nombre des points de croisement de la figure 10 auxquels il faut placer un élément de commutation est égal à NM, tandis qu'à la figure 11 le nombre de paires d'extrémités émission et réception du système multiplex est égal à N + M. La différence entre la somme et le produit devient très grande au fur et à mesure de l'accroissement des nombres N et M; plus exactement, les centraux équipés de commutateurs multiplex doivent fonctionner avec un nombre réduit de commutateurs de grande capacité si l'on veut qu'ils soutiennent la concurrence, en ce qui concerne le prix, avec des commutateurs à éléments multiplés.

Nous ne pensons pas que les connecteurs, dont nous avons esquissé la description au présent chapitre, ni que les éléments de commutation et de mémoire examinés dans les chapitres précédents, épuisent toutes les possibilités de la construction électronique. L'un des points que nous avons voulu mettre en relief est que la construction de centraux entièrement électroniques de genres divers est réalisable. Quant à savoir si l'un quelconque de ces centraux pourra soutenir la concurrence avec des centraux des types existants ou des nouveaux centraux partiellement électroniques, c'est une question à laquelle l'avenir répondra. L'état actuel de la technique ne nous permet pas de donner une réponse, mais nous pouvons faire deux observations de caractère général. En premier lieu, il y a dans les réseaux téléphoniques un équilibre économique entre le prix de revient des lignes, des postes d'abonnés et des installations des centraux. Toute modification de l'un d'entre eux se répercute sur les autres. Les modifications dues aux perfectionnements modernes de l'électronique sont susceptibles d'avoir des répercussions non seulement dans les centraux, mais encore dans les réseaux de transmission, du fait du transistron et d'autres applications nouvelles. Les questions pendantes embrassent donc beaucoup plus que la commutation seule; cette situation, dans l'ensemble, est favorable aux centraux entièrement électroniques. Une modification des méthodes des centraux pourra être plus facilement justifiée si on peut la combiner avec une modification des méthodes relatives aux installations extérieures. En second lieu, si des centraux entièrement électroniques sont mis en service dans des réseaux téléphoniques déjà bien développés, ils devront fonctionner conjointement avec les centraux existants. Ceci ne présente aucune difficulté d'ordre technique; en revanche, il serait probablement difficile de justifier la création d'un nouveau type de central eu égard aux capitaux déjà dépensés en prévision du maintien des méthodes en cours. Autrement dit, il ne suffira pas que les centraux entièrement électroniques soient aussi bons ou même légèrement meilleurs que les centraux existants ou que les centraux partiellement électroniques; il leur faudra présenter des avantages très notables sur les autres types de centraux pour pouvoir s'imposer dans la pratique.

Conclusion

Peut-on, à l'heure actuelle, prévoir toutes les possibilités d'application de l'électronique aux centraux téléphoniques ? Nous ne saurions raisonnablement le prétendre. Les conclusions que nous avons déjà formulées, en particulier que la commutation électronique offre des possibilités de nouvelles méthodes d'exploitation des centraux, suffisent sans doute à justifier des recherches activement poussées dans le domaine de l'électronique. Ces recherches se poursuivent d'ailleurs, en fait, dans les laboratoires téléphoniques du monde entier. Quant aux questions qui, en dernière analyse, devront recevoir une réponse, elles sont dans leur essence les mêmes que celles qui s'appliqueraient à toute autre évolution. En voici un exemple : dans quelle mesure l'électronique peut-elle permettre d'obtenir un service meilleur marché, offrant plus de sécurité, ou exigeant moins d'entretien ? Il semble bien qu'une partie au moins de ces questions aura reçu une réponse au cours des quelques années à venir.

* * *

Remerciements.

L'auteur tient à signaler qu'il a fait usage de renseignements publiés à des titres divers, ainsi que de renseignements non publiés jusqu'ici émanant de plusieurs entreprises industrielles dont les noms n'ont pas été cités. Il remercie tout particulièrement la Bell Manufacturing Company, d'Anvers, de la description de son nouveau système, et l'Engineer-in-Chief du Post Office du Royaume-Uni, qui a autorisé la publication du présent article.

T. H. Flowers.

H. A. Lorentz et la portée de ses travaux dans le domaine des télécommunications électromagnétiques

par le Prof. Balth. van der Pol

(Traduction)

Le choix du grand savant physicien néerlandais Hendrik Antoon Lorentz comme sujet de la gravure de cette année [1], dans la série des portraits des hommes éminents des télécommunications publiée par l'Union internationale des télécommunications, nous paraît particulièrement judicieux, l'année 1953 marquant le centenaire de la naissance de Lorentz, le 18 juillet 1853.

Le présent article a pour but de mettre en relief la personnalité de Lorentz, ses réalisations et l'incidence de ses travaux sur la théorie des télécommunications électromagnétiques.

A une seule grande exception, Lorentz n'a jamais entrepris l'étude d'aucun problème directement technique. Ses travaux ayant porté sur la physique théorique, ils ont de nombreuses applications dans le domaine des télécommunications électromagnétiques ; en outre, étant donné qu'ils sont maintenant devenus classiques en grande partie, on en arrive à oublier que Lorentz a émis le premier de nombreuses idées d'application quotidienne dans la technique actuelle des télécommunications.

Lorsqu'on parcourt la longue liste de ses ouvrages publiés, on est frappé par l'activité féconde qu'il a déployée dans presque toutes les parties de la physique théorique qui, de son vivant, avaient atteint un certain état de maturité provisoire rendant possible leur élaboration théorique. C'est ainsi que nous trouvons, de sa plume, de nombreux travaux fondamentaux sur la mécanique théorique, la thermodynamique, l'hydrodynamique, la théorie cinétique, la théorie des corps solides, la lumière, la chaleur et la propagation des ondes en général. Mais la partie essentielle de ses travaux est sans doute celle qui a trait à l'électromagnétisme, à la théorie des électrons et à la théorie de la relativité.

Cependant, Lorentz vivait à l'époque qui a vu les débuts de la théorie des quanta, énoncée par Max Planck, et de la nouvelle théorie atomique élaborée par Niels Bohr. Quoique travaillant dans le cadre de la physique classique, et alors que ces deux théories faisaient un contraste violent avec les idées classiques, Lorentz fut l'un des premiers à saisir leur considérable portée, et à se rendre compte de l'incidence profonde qu'elles ne pouvaient manquer d'avoir sur l'avenir de la physique théorique.

[1] Voir, dans la partie anglaise, page *164e*, une reproduction en petit format de la gravure qui sera tirée vers la fin de l'année.

Lorentz avait coutume d'exposer et de développer ces nouvelles idées à ses élèves dans les cours fameux qu'il donnait le lundi matin à 11 heures, à l'Université de Leyde. Ces conférences étaient exceptionnellement brillantes, et leur clarté démontrait que Lorentz possédait à fond son sujet. Parmi les auditeurs présents, dans sa petite salle de conférences, on pouvait remarquer de grands physiciens de son temps, comme Ehrenfest et Einstein, et bien d'autres encore.

Après avoir exposé, dans ces conférences, les vues des auteurs de certaines nouvelles théories, souvent il poursuivait en faisant remarquer les subtilités des idées, ou quelque légère inexactitude des arguments employés. Et alors, pour reprendre ses propres paroles, il se mettait à « retourner maintes fois le sujet dans tous les sens ». De cette manière, il lui arrivait souvent d'y apporter quelque lumière nouvelle. Puis, dans sa conférence suivante, il reprenait le sujet, et bien rares étaient alors les auditeurs qui se rendaient compte du fait que toute la suite était le fruit de son propre travail créateur, souvent effectué en l'espace des quelques jours précédents.

Un trait typique du génie de Lorentz était sa grande aisance à se familiariser avec tous les sujets de la physique, même ceux, ou singulièrement ceux qui, de son temps, relevaient de la partie la plus difficile de la physique théorique. Ce don unique apparaît clairement dans sa manière de lire les articles scientifiques que ses étudiants lui soumettaient de temps à autre, afin qu'il les critiquât avant leur publication. Voici comment il s'y prenait pour répondre à de telles demandes avec le maximum de célérité : il lisait tout d'abord le commencement de l'article, contenant l'exposé théorique du problème ; ensuite, il prenait un morceau de papier et résolvait le problème ; enfin, il regardait la fin de l'article, et, si la solution donnée était la même que la sienne, il était à peu près sûr que le raisonnement était juste.

Le don qu'il possédait à un haut degré d'élucider des problèmes physiques compliqués est illustré aussi par la manière dont il répondait souvent à des questions scientifiques que lui posaient ses collègues ou ses élèves. Au lieu d'y répondre directement, il avait l'habitude de répéter la question posée sous une forme si nette et si concise que la réponse devenait évidente immédiatement.

Au commencement de notre siècle, Lorentz était considéré universellement comme le savant le plus

éminent de son temps dans le domaine de la physique théorique. Rien d'étonnant, dès lors, à ce qu'il ait été le président par excellence de plusieurs congrès scientifiques internationaux. Outre le hollandais, sa langue maternelle, il possédait parfaitement l'anglais, le français et l'allemand. Un trait caractéristique de sa manière de diriger les débats était que, fréquemment, après avoir écouté l'exposé compliqué d'un sujet scientifique fait par l'un des participants à un congrès, il le résumait d'une façon à la fois si brillante et si concise qu'à ce *moment-là* seulement le sujet devenait clair pour tous les auditeurs — y compris, peut-être, le participant lui-même.

Lorentz a été fort admiré par tous les grands physiciens de son temps, non seulement pour ses réalisations scientifiques, mais encore pour ses qualités humaines, en particulier son honnêteté et sa modestie extrêmes. Je suis autorisé à citer ici un passage d'un hommage inédit écrit il y a quelques semaines par Albert Einstein à l'occasion du centenaire de la naissance de Lorentz :

« J'ai eu souvent l'occasion d'entendre les conférences que H. A. Lorentz donnait régulièrement, après s'être retiré du professorat, à un cercle restreint de jeunes collègues. Tout ce qui émanait de cet esprit d'une grandeur suprême avait la clarté et la beauté d'une véritable œuvre d'art ; on y sentait une aisance parfaite, qui ne trahissait aucun effort. Jamais personne d'autre ne m'a laissé une pareille impression.

« Si nous, qui sommes plus jeunes, n'avions connu en H. A. Lorentz qu'un grand flambeau de la science, l'admiration et la vénération que nous avions pour lui auraient été déjà d'un genre extrêmement spécial. Mais ce que je ressens lorsque je pense à Lorentz ne procède pas, et il s'en faut de beaucoup, de cette vénération seulement. Il signifiait, pour moi, plus que tous les autres savants que j'ai rencontrés dans ma vie. »

* * *

Les travaux de Lorentz et leur incidence sur la théorie des télécommunications électromagnétiques remontent à sa thèse de doctorat, écrite à l'âge de 22 ans. Le sujet de cette thèse était la théorie de la réflexion et de la réfraction de la lumière, considérée du point de vue des équations de Maxwell. Maxwell avait montré que ses équations prouvaient la nature électrique des ondes lumineuses. Toutefois, au moment où Lorentz rédige sa thèse (1875), il existe encore plusieurs théories concurrentes. La conclusion catégorique de Lorentz est que :

« Si l'on prend comme base les recherches faites sur la réflexion et la réfraction de la lumière, c'est la théorie de Maxwell qui doit avoir la préférence. »

Les formules tirées de cette thèse à un moment où les radiocommunications n'existaient pas, constituent la base de tous les travaux accomplis ultérieurement dans ce domaine sur la réflexion et la réfraction des ondes électromagnétiques, par la terre par exemple. En conclusion de sa thèse, Lorentz écrit :

« Loin d'avoir acquis sa forme définitive, la théorie de Maxwell exige donc encore l'éclaircissement de nombreux points obscurs, dont on ne peut donner à l'heure actuelle qu'une explication tout à fait imparfaite. Mais une partie de l'intérêt qu'offre toute évolution de notre connaissance de la nature réside précisément en ce qu'elle nous montre clairement ce qui reste encore à faire et qu'elle indique la direction dans laquelle on doit orienter les recherches futures pour les mener à bonne fin. »

Ces lignes, qui ont un caractère visionnaire, et que Lorentz écrivit à l'âge de 22 ans, contiennent l'embryon de la plus grande partie de ses travaux ultérieurs sur la théorie de l'électromagnétisme.

La principale difficulté, laissée en fait sans solution par Maxwell, était l'impossibilité d'expliquer par sa théorie certains spectres lumineux, comme ceux que plusieurs substances chimiques émettent. C'est sur ce point que Lorentz pénétra le problème et qu'il tenta de l'élucider. Du temps de Maxwell, ce que nous appelons maintenant la constante diélectrique et la perméabilité magnétique étaient considérées comme des grandeurs définissant la matière, grandeurs que l'on pouvait mesurer statiquement ou avec des champs variant lentement. Mais on n'arrivait pas à saisir en vertu de quelle loi des substances différentes présentaient des constantes différentes, et pourquoi ces « constantes » variaient si fortement avec la fréquence des ondes. C'est à ce sujet que Lorentz posa en postulat, dès l'année 1878, que la propagation des ondes électromagnétiques à travers la matière pondérable était régie par l'action de petites particules chargées d'électricité dans les substances. Lorentz élabora ensuite cette idée fondamentale dans tous ses détails et créa ainsi la *théorie des électrons*. Il le fit, à l'origine, afin de mieux comprendre comment les ondes lumineuses courtes se propagent à travers la matière pondérable. Quoi qu'il en soit, ces résultats théoriques ont élucidé aussi de nombreuses propriétés des ondes électromagnétiques plus longues, comme celles utilisées, de nos jours, dans les radiocommunications.

Par exemple, les forces agissant dans un champ électromagnétique sur des électrons, et, partant, sur leurs mouvements, ont été étudiées à fond et cristallisées dans une série d'équations mathématiques que l'on peut considérer comme l'élaboration et le développement des équations de Maxwell : dès lors, la force agissant sur un électron en mouvement dans un champ magnétique constant pouvait être calculée. Ces formules constituent encore la base du fonctionnement des magnétrons modernes, utilisés dans les appareils de radar, et d'autres moyens de communication fonctionnant sur ondes courtes ; il en va de même pour les cyclotrons modernes utilisés sur une grande échelle pour les recherches nucléaires.

L'idée que la masse d'un électron est partiellement ou entièrement de nature électromagnétique, a également été conçue par Lorentz.

* * *

En octobre 1896, à Leyde, Zeeman publia le résultat de ses expériences. En plaçant une source lumineuse, comme une flamme de sodium, dans un fort champ magnétique, il avait constaté que les lignes du spectre lumineux étaient légèrement élargies ou dépla-

cées, ce qui démontrait que la présence du champ magnétique avait modifié légèrement la fréquence de la lumière émise.

Au moment de la découverte de Zeeman, Lorentz avait déjà complètement mis au point sa théorie des électrons ; en se fondant sur cette théorie, il put donc déduire immédiatement des expériences de Zeeman le rapport e/m entre la charge et la masse des électrons vibrant dans la flamme de sodium. Il constata que ce rapport était de l'ordre de 10^7 en unités CGS ; il put aussi prévoir l'état de polarisation de la lumière émise, ce dont Zeeman trouva immédiatement confirmation.

En octobre 1897, un autre grand savant physicien, Sir J. J. Thomson, publia à Cambridge (Angleterre), les résultats de ses expériences dans lesquelles il réfléchissait des particules élémentaires produites dans des tubes à décharge à l'aide de champs électriques et magnétiques ; de cette manière, il obtenait aussi des valeurs numériques du rapport de la masse et de la charge de ses particules. Le fait que le rapport e/m trouvé par J. J. Thomson ne s'écartait pas beaucoup du rapport analogue que l'on pouvait déduire de l'expérience de Zeeman au moyen de la théorie de Lorentz montrait que ces particules étaient probablement identiques dans les deux expériences très différentes. Ainsi naquit l'électron ; on peut donc dire qu'il a été indépendamment *inventé* par Lorentz à Leyde, et *découvert* à Cambridge par J. J. Thomson. Le prix Nobel fut décerné à ces trois savants, Zeeman, Lorentz et Thomson, quelques années plus tard.

L'auteur du présent article est peut-être le seul physicien encore en vie qui ait eu le grand privilège de travailler à la fois avec J. J. Thomson (de 1917 à 1919 à Cambridge) et avec H. A. Lorentz (1919-1922 à Haarlem). Il serait très tentant de comparer les personnalités fortement différentes de ces deux grands savants : Thomson, pour sa part, concevait ses nouvelles expériences, semble-t-il, dans un éclair d'inspiration soudaine. Lorentz, quant à lui, réfléchissait généralement pendant très longtemps à ses nouvelles idées et à leurs conséquences théoriques, et il n'était complètement satisfait que s'il pouvait les traiter d'après divers aspects et en utilisant des méthodes différentes, conduisant toutes au même résultat. Il va sans dire que d'importants progrès scientifiques peuvent être accomplis d'une manière comme de l'autre.

Dans plusieurs cas, des conséquences de la théorie des électrons de Lorentz sont en rapport direct avec la technique moderne de la radioélectricité. Lorentz a montré en détail la manière de calculer des ondes émises par un électron oscillant harmoniquement, libre dans l'espace. La solution qu'il a trouvée à ce problème coïncide parfaitement avec la théorie émise par Hertz pour un dipôle oscillant, le courant dans le dipôle de Hertz étant équivalent, d'après la théorie des électrons de Lorentz, au produit de la charge de l'électron par sa vitesse. On obtient, dans les deux cas, la même résistance de rayonnement. Est-il besoin d'ajouter ici que cette théorie est à la base de tous les calculs modernes de rayonnement des antennes.

Deux autres parties de la théorie des électrons de Lorentz ont un rapport avec *(a)* la théorie moderne de l'ionosphère, et *(b)* l'atmosphère de la terre. Supposons que de la matière pondérable soit placée dans un champ électrique et que nous voulions calculer le champ électrique local près d'une molécule. Lorentz a montré que, en général, nous devrons tenir compte aussi de l'influence de la polarisation des molécules voisines sur ce champ local. C'est ainsi qu'il a introduit un terme mathématique fameux dans sa théorie de la polarisation. Indubitablement, ce terme est nécessaire dans le cas des cristaux. Cependant, plus tard, on s'est demandé s'il fallait aussi en tenir compte dans le champ produit par des ondes électromagnétiques dans l'ionosphère. Cette question a donné lieu, dans la littérature scientifique physique des années 1929 à 1934, à des discussions considérables sur la nécessité d'introduire ce terme dans la théorie de l'ionosphère. La plus récente conclusion à ce sujet (C. G. Darwin) est que tel n'est *pas* le cas, étant donné les conditions physiques dans l'ionosphère. En revanche, la théorie de la polarisation de Lorentz nous permet effectivement de calculer la constante diélectrique d'un mélange de gaz lorsque sont connues la densité et la constante diélectrique de ces gaz. L'atmosphère de la terre, qui contient de l'oxygène, de l'azote et de la vapeur d'eau, constitue un cas précis pour lequel il convient d'appliquer la théorie de Lorentz et c'est sur elle que reposent les recherches modernes en matière de propagation des ondes à travers les couches inférieures de l'atmosphère.

En 1892, Lorentz introduisit en outre la notion des « potentiels retardés », qui constituent l'aspect théorique du fait que les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière. Selon la théorie moderne de la transformation de Laplace, ces potentiels retardés apparaissent tout à fait naturellement sous forme d'un « produit de composition ».

Nous trouvons encore, dans les travaux de Lorentz, un énoncé clair et concis du théorème de réciprocité ci-après, pour les systèmes linéaires [1] :

> « Si une force électromotrice appliquée à un point P dans la direction h produit, en un point P', un courant dont la composante dans une direction arbitrairement choisie h' a l'amplitude μ et la phase v, une force électromotrice égale se produisant au point P' dans la direction h' produira au point P un courant dont la composante dans la direction h aura exactement la même amplitude μ et la même phase v ».

Ce théorème est d'une portée générale très étendue. On l'a appliqué avec beaucoup de succès, en pratique, dans la recherche du meilleur emplacement d'un émetteur de radiocommunication lorsqu'on veut faire en sorte qu'en deux points donnés, où un bon service est difficile, des conditions optima soient obtenues.

---

[1] *H. A. Lorentz*, Proc. Acad. Amsterdam 7, 401, 1905

Il faut, sans aucun doute, mentionner ici l'une des dernières études de Lorentz, dans laquelle il développe une généralisation d'une remarque peu connue d'Oliver Heaviside, d'une portée très générale également, concernant les réseaux électriques [2]. Comme j'ai pu conclure de nombreuses conversations personnelles, Lorentz admirait fort les travaux de Heaviside. On peut énoncer de la manière suivante le théorème de Heaviside :

> «Supposons un réseau passif constant au repos. Si à un temps $t=0$, une f.é.m. constante est appliquée subitement à ce réseau, des courants transitoires se produiront généralement. Après une longue période, disons $t=t_l$, ces courants transitoires pourront être considérés comme disparus et, en général, on constatera seulement dans le réseau la présence d'un courant continu. Ce courant continu (s'il existe) provoquera une dispersion de chaleur, d'après la théorie de Joule, à un taux par seconde constant. Si nous appelons W' la « pseudo-dispersion de chaleur » qui se serait produite si le courant final, constant, avait existé tout le temps de $t=0$ à $t=t_l$, l'observation de Heaviside est que, au moment où la condition stable a été atteinte, le travail total A effectué par la f.é.m. dépasse la « pseudo-dispersion de chaleur » (si elle existe) de deux fois l'excédent d'énergie électrique U par rapport à l'énergie T, ou :
>
> $$A - W' = 2\,(U - T) \qquad .»$$

Une conséquence frappante de ce remarquable théorème est qu'un condensateur peut être chargé, à partir d'une source de courant continu, pour un rendement de 50 % seulement. Comme nous l'avons dit, Lorentz a généralisé ce théorème déjà général de Heaviside de telle manière qu'il devienne applicable aussi à des réseaux électriques ayant des capacitances et des inductances réparties. En outre, il est intéressant de remarquer que, dans cette étude, Lorentz introduit des forces imprimées *électriques* aussi bien que magnétiques dans les équations de Maxwell. Dans la théorie ordinaire des circuits, ces forces correspondent respectivement à une force électromotrice et à une source de courant.

Ce résumé porte sur une partie seulement des travaux de Lorentz. Il serait pourtant incomplet si nous ne disions pas combien la contribution que Lorentz a apportée à la théorie spéciale de la relativité a été importante et fondamentale. Toute sa vie, il s'est beaucoup occupé des problèmes touchant la manière dont les ondes lumineuses ou d'autres ondes électromagnétiques se propagent dans un milieu qui n'est pas au repos. Le comportement de ces ondes diffère fortement, par exemple, de celui des ondes sonores se propageant dans l'air en mouvement. Le son se propage plus vite dans le sens du vent que contre le vent. Par analogie, on pourrait donc s'attendre à ce qu'un rayon lumineux se déplace plus vite dans la direction de la rotation de la terre que dans le sens opposé. L'expérience ci-après montre le résultat que l'on pourrait escompter. Supposons que sur une rivière à cours rectiligne, un navire, dont la vitesse est constante par rapport à l'eau, se déplace d'abord d'un point a à un point b en *descendant le courant* et, arrivé au point b, fait immédiatement demi-tour et remonte le *courant* jusqu'au point a. On voit aisément que, dans cette expérience, la durée du parcours total du navire sera influencée par la vitesse du courant. En fait, il faudra plus longtemps au navire pour accomplir son voyage de descente et de montée lorsque la rivière coule que lorsque l'eau est stationnaire, parce que la période pendant laquelle le navire perd du temps est un peu plus longue que celle durant laquelle il en gagne. Enfin, lorsque la vitesse du courant est plus grande que la vitesse du navire par rapport à l'eau, il ne peut pas du tout retourner à son point de départ.

C'est exactement de la même manière que la vitesse de la lumière, pensait-on, serait influencée par le mouvement de la terre à travers l'éther. Ceci nous conduit à l'expérience de Michelson et Morley, qui, à Chicago (en 1887), voulurent vérifier cette hypothèse. La réalisation de leur expérience était très délicate, et, afin d'empêcher que des vibrations mécaniques ne causent des perturbations aux appareils pendant que l'on procédait aux mesures, on arrêta pendant un certain temps tous les tramways de Chicago. Le résultat de l'expérience fut des plus surprenants ; on n'enregistra aucune différence de vitesse de la lumière dans les deux sens. Lorentz entreprit immédiatement l'étude du problème théorique, et la seule et simple conclusion à laquelle il put arriver fut que toute matière se déplaçant à grande vitesse se contracte légèrement dans le sens de son déplacement. Ainsi, la longueur de l'appareil de mesure employé pour l'expérience devenait aussi un peu plus petite dans une proportion convenant tout juste pour annuler exactement l'augmentation du temps de déplacement. Cette contraction de Lorentz, désormais fameuse, avait été aussi suggérée indépendamment par Fitzgerald. Mais Lorentz alla plus loin ; il avança que tous les effets pouvant être observés en laboratoire devraient être les mêmes, que le laboratoire soit au repos, ou que, comme un tout, il se meuve à une vitesse constante à travers l'éther. Ceci le conduisit à la fameuse transformation de Lorentz, à savoir, une série d'équations mathématiques qui forment la base de toute la théorie de la relativité.

Plus tard, Minkowsky montra que l'on pouvait simplifier l'interprétation de ces équations en considérant le temps comme une quatrième dimension imaginaire dans notre monde à trois dimensions. La transformation de Lorentz pouvait alors être interprétée simplement comme une rotation du système à quatre dimensions.

Peu de temps après que Lorentz eut trouvé sa «transformation de Lorentz», Einstein trouva, indépendamment, les mêmes équations. Einstein en poussa même la généralisation plus loin en les rendant applicables aussi à des systèmes qui se meuvent à une vitesse variable tandis que Lorentz n'avait considéré d'abord que les systèmes se mouvant à une vitesse constante.

L'auteur n'a pas besoin de mentionner ici toutes les conséquences de la théorie de la relativité, que l'on

[2] *O. Heaviside*, Electrical Papers, II, 412 (London, 1892).

retrouve partout dans la physique théorique. Il découle de cette théorie, par exemple, que la vitesse des ondes radioélectriques émises par un aéronef, mesurée sur la terre, est la même dans la direction du vol de l'aéronef que dans la direction opposée (quoique, à l'aide de la technique moderne, on soit parfaitement à même de mesurer l'effet Doppler de ces ondes). De la théorie de la relativité, il découle aussi que, si des aéronefs peuvent franchir le mur du son, on n'atteindra jamais un mur de la lumière. Einstein a émis le postulat précis qu'il n'est pas possible, sous aucune condition, de mesurer une vitesse quelconque par rapport à l'éther. Ceci l'a incité à faire complètement abstraction de l'éther. Lorentz préféra toutefois conserver l'idée de l'éther parce qu'il en voyait l'utilité pour la représentation des mouvements d'ondes qui le traversent.

* * *

Comme nous l'avons dit au commencement de cet article, Lorentz n'a abordé directement un problème technique que dans un seul cas. C'est lorsque le Gouvernement néerlandais lui a demandé d'étudier les effets qui se produiraient sur les mouvements de l'eau dans le Zuidersee si une digue était construite à travers sa partie septentrionale en vue de la drainer et de gagner ainsi du terrain sur la mer. Là encore, Lorentz ne s'est pas fondé sur des lois hydrotechniques de caractère empirique, mais il a étudié le problème *ab initio*. Les conclusions du Comité gouvernemental restreint qu'il présidait, permirent de commencer immédiatement, sur la base des calculs de Lorentz, la vaste entreprise qu'était le drainage d'une partie considérable du Zuidersee. Peu de temps avant sa mort, lors d'une tournée spéciale dans le Zuidersee, Lorentz put constater que l'expérience avait confirmé entièrement ses prévisions théoriques. C'est grâce aussi à ces calculs que, pendant les récentes inondations de Hollande, une grande partie du pays comprenant notamment Amsterdam, la capitale, a été sauvée d'un désastre encore plus grand.

Dans les calculs qu'il a faits à cette occasion, Lorentz a dû considérer les forces de frottement de l'eau comme proportionnelles au carré de la vitesse, de sorte que ses équations différentielles devenaient non linéaires, avec toutes les complications qui découlent de ce fait. Il a surmonté cette difficulté en introduisant des termes de résistance linéaire d'une grandeur telle que la dispersion totale pendant une période d'oscillation, et sous l'amplitude donnée, restait approximativement la même. On emploie maintenant des méthodes mathématiques analogues en mécanique non linéaire et dans la théorie des circuits électriques non linéaires, lesquels peuvent contenir des triodes, des transistrons ou d'autres éléments de circuit non linéaires.

* * *

En principe, Lorentz n'aimait pas donner son avis sur des problèmes philosophiques sortant de son propre domaine de la physique théorique, dans lequel il était l'un des génies les plus éminents. Il était convaincu que le progrès scientifique véritable n'est pas réalisé dans des congrès internationaux, et qu'il est dû plutôt aux efforts de l'individu travaillant dans la solitude de son bureau ou de son laboratoire. On trouve l'expression de cette conviction dans le discours d'ouverture ci-après, prononcé par Lorentz, en octobre 1911, devant le premier *Conseil de Physique Solvay*, où l'on discuta les aspects de la théorie des quanta, alors encore nouvelle et mystérieuse :

> « Quel sera le résultat de cette assemblée ? Je n'oserais le prédire, ne sachant pas quelles surprises nous sont réservées. Mais comme il est prudent de ne pas compter sur ces surprises, j'accepterai comme très probable que nous ne contribuerons que peu au progrès immédiat. En effet, le progrès de la science se fait plutôt par l'effort individuel que par les réflexions faites par un congrès ou par un conseil, et même il est très possible que, pendant que nous discutons un problème, un savant solitaire en un autre endroit du monde en trouve la solution. » [1]

Lorentz mourut le 4 février 1928, après une brève maladie. Devant sa tombe, P. Ehrenfest prononça les paroles suivantes :

> « Lisez les écrits de Lorentz, lisez ses livres, et l'image d'un laboratoire surgit devant vos yeux ; c'est un local éclairé par de hautes fenêtres que traversent les rayons vivifiants d'un soleil matinal, tandis que le maître au travail manie ses outils avec un grand amour. Il préfère le plus simple des outils les mieux appropriés au but qu'il recherche, mais il dispose aussi d'instruments très rares et de haute précision ; ceux-là sont arrangés dans un ordre parfait, prêts à l'usage, et, d'année en année, cet usage leur a donné un vif éclat.
>
> « Et parce que le maître nous montre religieusement quels sont ceux de ses outils qu'il a obtenus de Christiaan Huygens, et de Fresnel, et d'autres maîtres, nous sommes convaincus qu'il a dû inventer et construire lui-même un grand nombre des ingénieux instruments qu'il emploie ; mais le maître, lui, ne nous le dit pas. Le maître, dans son laboratoire que le soleil illumine. Le maître aux yeux noirs, et au beau sourire significatif. »

En dépit des pas de géant que la physique a faits pendant ces vingt-cinq dernières années, ouvrant de nombreuses perspectives nouvelles, les travaux de Lorentz demeureront toujours un chef-d'œuvre de la physique classique, dont une grande partie est toujours appliquée, journellement, à divers domaines de la technique moderne des télécommunications électromagnétiques.

Genève, le 19 août 1953. *Balth. van der Pol.*

---

[1] *Louis de Broglie :* Notice sur la vie et l'œuvre de Hendrik Antoon Lorentz (Lecture faite en la séance annuelle des prix, du 10 décembre 1951). Académie des Sciences (Paris).

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Théorie des circuits électriques, par H. Tropper, maître de conférences au Queen Mary College, Londres. Traduit de l'anglais par S. Toumaniantz [1].

C'est un exposé très clair de méthodes modernes du calcul des réseaux électriques en régime permanent ou en régime transitoire.

L'originalité et l'intérêt de cet ouvrage résultent d'une association de considérations mathématiques simples avec une étude approfondie de la signification physique des phénomènes et de leur corrélation.

[1] Un volume broché in-8 de 219 pages, avec de nombreuses figures, édité par Dunod, 12, rue Bonaparte, Paris, 6e (1953).

ECHOS ET NOUVELLES

Accord interaméricain des radiocommunications, Washington, 1949. — Le Secrétaire général de l'Union a été informé que l'instrument d'acceptation, par la République d'Haïti, de l'Accord interaméricain des radiocommunications, signé à Washington le 9 juillet 1949, a été déposé dans les archives du Gouvernement des Etats-Unis d'Amérique le 26 août 1953, et que ledit Accord est entré en vigueur, pour ce pays, à la même date.

(Source : *Communication officielle*)

* * *

Comité consultatif international téléphonique. — L'« Algemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fernmeldetechnik », à Backnang, a présenté une demande de participation aux travaux du CCIF. L'Administration de la République fédérale d'Allemagne a approuvé cette demande.

(Source : *Communication officielle*)

* * *

Bureau centralisateur de contrôle allemand. — Les tâches du bureau centralisateur de contrôle, prévues dans le Règlement des radiocommunications, sont assurées désormais pour la région de la République fédérale d'Allemagne par le « Zentralbüro des Funkkontroll-Messdienstes » auprès du Fernmeldetechnisches Zentralamt, à Darmstadt.

(Source : *Communication officielle*)

* * *

Changement de dénomination d'un Membre de l'Union. — La Légation du Portugal, à Berne, a fait savoir au Secrétariat général de l'UIT que la dénomination « Territoires portugais d'Outre-Mer » a été remplacée par « Provinces portugaises d'Outre-Mer ».

(Source : *Communication officielle*)

* * *

Nominations et retraite. — *Iran.* — S.E.M. Farzanagan a été nommé ministre des PTT, et M. Houchang Samiy, ingénieur, a été désigné comme adjoint audit ministère.

(Source : *Communication officielle*)

— *Commission fédérale des communications.* — Après 38 années de service ininterrompu en tant que juriste des télécommunications, M. Paul A. Walker a pris sa retraite le 30 juin 1953 et le personnel de la FCC a organisé une réception en son honneur.

M. Walker, dernière personnalité ayant appartenu à la FCC depuis sa fondation, est âgé de 72 ans. Il exerce ses activités dans ce domaine depuis 1915, date à laquelle il est devenu conseiller juridique de la Oklahoma Corporation Commission. Il fut nommé à la Federal Communications Commission lors de sa création en 1934 par le président Franklin D. Roosevelt.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Distinction. — Pour ses remarquables contributions à la solution des problèmes posés par les câbles sous-marins, et en particulier pour avoir dirigé les études relatives à la construction des répéteurs électroniques sous-marins, M. C. H. Cramer, ingénieur adjoint aux recherches sur les transmissions de la Western Union Telegraph Company a été élu membre de l'American Institute of Electrical Engineers.

Les études scientifiques de M. Cramer figurent dans un certain nombre de comptes rendus des travaux de l'AIEE. Une étude récente intitulée « Répéteurs immergés pour les câbles télégraphiques sous-marins de grande longueur » a obtenu le deuxième prix de la Division des communications en 1951.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Réseau de voies de télécommunication. — En vertu de l'arrêté du Gouvernement espagnol du 5 février 1953, la Compañía Internacional de Radio Española, S. A. a pris à sa charge, le 1er juillet 1953, les circuits radioélectriques exploités en Espagne (Madrid-Buenos Aires et Madrid-New York) précédemment exploités par la Sociedad Anónima Radio Argentina.

La première de ces compagnies assume, depuis le 1er janvier 1953, toutes les obligations et a tous les droits de la Sociedad Anónima Radio Argentina.

Le changement d'entreprise exploitante n'affecte pas la mention de la voie pour les télégrammes acheminés par les circuits exploités maintenant par la Compañía Internacional de Radio Española, c'est-à-dire que l'ancienne dénomination « voie Radiar » est maintenue.

— Une liaison radiotélégraphique directe a été ouverte, le 1er septembre 1953, entre Lima (Pérou) et Wien.

— Une liaison ratiotéléphonique directe a été ouverte au service le 18 août 1953, entre Poona (Inde) et Nairobi (Kenya).

— Une liaison radiotéléphonique directe a été ouverte au service, le 21 septembre 1953, entre Tokyo et Bangkok.

(Source : *Communications officielles*)

* * *

Extension du système télégraphique à sélection au cadran. — Afin d'accélérer les locations de places échangées par neuf importantes compagnies de transport aérien, un nouveau système télégraphique avec sélection au cadran à grande vitesse, devant être utilisé pour fournir un service aller et retour dans les 60 secondes, a été mis en exploitation à Chicago par la Western Union Telegraph Company.

Avec le nouveau système par fil, le premier de ce genre qui soit installé aux Etats-Unis, l'opératrice d'une compagnie quelconque n'a qu'à composer un seul numéro au cadran pour être reliée avec l'une quelconque des autres compagnies. Elle tape ensuite la demande sur un téléimprimeur de la Western Union. Le reste de l'opération est entièrement automatique, le message étant transmis à l'autre compagnie à raison de 75 mots par minute. Des lettres de code remplaçant les mots-clefs, la plupart des messages n'ont pas plus de 10 lettres, ce qui permet une transmission en quelques secondes seulement.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Faisceaux hertziens. — La Peninsular Telephone Company, Tampa, Fla. est, depuis le 6 juillet 1953, la première compagnie téléphonique indépendante qui ait mis en service une liaison par faisceaux hertziens reliée au système national interurbain avec sélection au cadran.

La liaison par faisceaux hertziens fournit 23 voies téléphoniques et couvre une distance de 40 milles entre les bureaux centraux de la compagnie à Tampa et Bartow, avec une station de répéteurs à Highland City.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Service téléphonique mobile maritime. — A la demande de la Federal Communications Commission, la Radio Technical Commission for Marine Services a créé une commission spéciale chargée d'étudier la question des fréquences de travail mondiales communes pour le service téléphonique mobile maritime dans la bande de fréquences 2 000-2 850 kc/s.

Le rapport de la RTCM sera utilisé pour déterminer la position que prendront les Etats-Unis d'Amérique lors de la prochaine Conférence internationale administrative des radiocommunications, dont la date n'a pas encore été fixée.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Les services de télécommunication au Danemark. — Ainsi que le mentionne le rapport de gestion de la Direction générale des postes et des télégraphes de ce pays, pour l'année budgétaire 1952-1953, le trafic télégraphique a baissé de 5 %. La diminution porte principalement sur le trafic intérieur, qui a fléchi de 7,4 %.

Le service télex a enregistré une forte augmentation. Ainsi, le nombre des unités de comptage utilisées pour les communications télex dans le service interne a augmenté de 29 %, alors que le nombre des communications télex établies dans le service international a accusé une augmentation de 54 %.

Tant dans le service intérieur que dans le service international, le trafic téléphonique a augmenté. Les conversations échangées sur le réseau interrégional de l'Etat accusent une augmentation de 7,6 %, les conversations à destination de l'étranger une augmentation de 7,7 % et celles en provenance de l'étranger une augmentation de 9,1 %. Dans le service automatique, le nombre des unités de conversation utilisées accuse une augmentation de 7,3 %.

Au cours de l'exercice, on a commencé la construction de plusieurs nouveaux bâtiments des postes et des télégraphes ; des transformations et des élargissements importants à d'autres bâtiments ont été accomplis.

Le câble coaxial Danemark-Suède a été inauguré en juillet 1952. Par suite de l'augmentation du nombre des communications télex, le système télex a été élargi. L'exploitation automatique du réseau téléphonique de l'Etat du Jutland du Sud a été développée.

Le nombre des bureaux télégraphiques s'élève à 1071. Le nombre moyen d'habitants desservis par bureau télégraphique est de 4100.

Le service téléphonique local de l'Etat du Jutland du Sud compte 97 bureaux centraux.

Pendant les deux derniers exercices, les recettes et dépenses des services des postes et des télégraphes ont été les suivantes :

	Recettes	*Dépenses* (en couronnes)	*Excédent*
1952-1953	248 668 000	235 701 000	12 967 000
1951-1952	216 947 000	216 173 000	774 000

L'augmentation des dépenses se réfère surtout au personnel, aux services techniques, aux intérêts du capital et amortissements. Environ ¼ des recettes s'applique aux services télégraphique, téléphonique et télex.

Les dépenses relatives au personnel représentent un total de 165,3 millions de couronnes, soit 70 %.

(Source : *Communication officielle*)

* * *

Les services de télécommunication au Portugal en 1952. — Au cours de l'exercice 1952, le trafic télégraphique a diminué de 3,9 %. En revanche, le trafic téléphonique a augmenté de 11,8 %, soit un accroissement de 5 013 400 conversations, dont 3 361 000 conversations urbaines (+11,3 %) et 1 710 000 conversations interurbaines (+13,6 %).

L'échange des conversations avec les territoires d'outre-mer, qui est un service encore récent, marque une progression ; le trafic a passé de 1800 à 7200 conversations.

Le service télégraphique ferroviaire a été supprimé par défaut d'utilisation.

Aux fins de porter remède aux imperfections du service téléphonique, on a introduit un système de contrôle direct par appels de sondage, émis de Lisbonne.

Le réseau radiotéléphonique a été étendu avec l'extérieur, par l'intermédiaire de la Companhia Portuguesa Rádio Marconi. Ainsi, l'échange des conversations a été établi entre Madère et les îles Terceira, Faial et S. Maria ; entre l'île du Pic et les îles Terceira, S. Miguel et S. Maria ; entre la ville de Goa et le continent et les îles adjacentes. En outre, le service téléphonique a été rétabli avec la Finlande.

La liste des abonnés du réseau téléphonique national a commencé d'être publiée en 5 volumes.

Au point de vue des installations, il y a lieu de signaler l'équipement automatique des centraux de Viana do Castelo, dont la capacité atteint 800 abonnés, de celui d'Evora avec 1600 abonnés ; de même, les centrales interurbaines manuelles de Setubal et de Braga ont été remplacées par des installations automatiques. Le groupe de réseaux automatisés de Figueira da Foz est entré en fonctionnement et sa capacité en abonnés a passé de 720 à 1200. On a inauguré, en juin, le câble téléphonique souterrain Porto-Braga, comportant 150 circuits entre Porto et Famalicão, et 74 entre Famalicão et Braga. Un autre câble souterrain, comprenant 74 circuits, a été posé entre Faro et Olhão.

Au total, 7981 nouveaux postes d'abonnés téléphoniques et 291 postes téléphoniques publics ont été installés ; 245 nouvelles localités ont été reliées au réseau, ce qui porte leur nombre total à 1934. Les tracés régionaux et interurbains ont été développés et 23 992 km de circuits ont été construits.

(Source : *Communication officielle*)

Le service téléphonique au Nigéria. — Avec une superficie de 1 075 000 km² et une population de 31 millions d'habitants, ce pays disposait, fin mars 1953, de 92 bureaux téléphoniques centraux en service, dont 1 bureau central automatique. Les lignes d'abonnés raccordées à ces bureaux étaient au nombre de 8179 et 310, respectivement.

On comptait, en outre, 114 postes publics. Le nombre des circuits téléphoniques interurbains intérieurs s'élevait à 115.

En ce qui concerne le trafic, il a été échangé, au cours de l'exercice 1952-1953, 24 501 508 conversations urbaines, ainsi que 381 896 conversations interurbaines taxées.

(Source : *Communication officielle*)

★ ★ ★

Radiodiffusion. — *République fédérale d'Allemagne.* — A la fin du premier semestre de 1953, il existait dans cette république, y compris la ville de Berlin-Ouest, plus de 11,8 millions d'abonnés à la radiodiffusion, ainsi que 2705 abonnés à la télévision.

(Source : *FTZ Fernmeldetechnische Zeitschrift*)

— *Israël.* — La radiodiffusion a débuté en Israël en 1936, précédée depuis 1932 d'émissions expérimentales. On compte actuellement trois services : deux gouvernementaux (Kol Israel Broadcasting Service et « Caley Zahal »), et un semi-gouvernemental (Kol Zion Laagolah).

Le service principal (Kol Israel) possède deux départements, l'un technique, l'autre programme, tous deux dépendant du ministère des PTT et du premier ministre, par l'entremise du directeur à l'Information. Le département technique occupe 115 personnes, celui des programmes 175. Près de 70 % des programmes sont enregistrés. Il n'y a pas de radiodiffusion commerciale et, jusqu'ici, pas de législation d'ensemble relative au domaine radiophonique.

(Source : *Bulletin de documentation et d'information UER*)

★ ★ ★

— *Suisse.* — On comptait, en Suisse, fin août 1953, 1 142 018 radiorécepteurs, dont 219 384 abonnés à la diffusion par fil. L'augmentation, depuis le 1er janvier 1953, a été de 22 176 postes.

(Source : *Communication officielle*)

★ ★ ★

La télévision en Suisse. — Il ressort d'un discours prononcé récemment par M. Weber, directeur général des PTT, à la journée officielle de l'exposition de la radio et de la télévision, à Zurich, que des efforts sont faits, en Suisse, pour établir la liaison entre ce pays et les Etats du nord et de l'ouest de l'Europe.

La période d'essai de trois ans à Zurich, qui permettra de raccorder la Suisse au réseau européen, sera suivie de la réalisation d'un service régulier de télévision englobant l'ensemble du territoire suisse.

Le service ne devra souffrir aucune interruption après la période d'expérience et l'on travaille déjà à la planification du réseau pour toute la Suisse. Si les expériences faites le permettent, certaines régions du pays seront reliées à l'émetteur de l'Uetliberg déjà pendant la période d'expérimentation.

Les constatations faites jusqu'à présent sur le fonctionnement des installations techniques et sur la portée de l'émetteur de l'Uetliberg sont très satisfaisantes. Les émissions faites jusqu'ici ont prouvé que, même dans un pays accidenté comme la Suisse, la télévision était tout à fait possible, à condition d'utiliser judicieusement les moyens techniques.

Au début de l'hiver, le studio de Zurich disposera des caméras mobiles nécessaires pour assurer un service d'actualités filmées. Comme les actualités constituent une partie essentielle des émissions de télévision, on mettra encore en service, au printemps 1954, une voiture spéciale de reportage. Des appareils mobiles à ondes dirigées établiront les communications électriques nécessaires entre la voiture de reportage et l'émetteur. Naturellement, ces mêmes appareils à ondes dirigées pourront aussi servir dans les relations avec les Etats voisins pour l'échange de la transmission en transit des programmes.

En outre, dans peu de mois déjà la Suisse disposera d'une liaison fixe par faisceaux hertziens qui, à travers l'Allemagne, atteindra la France, la Belgique, les Pays-Bas et la Grande-Bretagne.

Il n'est accordé, en principe, aucune concession pour la réception publique d'émissions de télévision. Dans l'état actuel de la technique, la télévision ne se prête pas à la réception dans un grand local. C'est pourquoi le programme prévoit la réception au sein des familles. Cela n'empêche pas cependant que l'administration des PTT pourra, à certaines occasions et pour des buts particuliers, accorder des autorisations temporaires de réception publique. La concession d'installation de télévision donne néanmoins, à son titulaire, le droit de démontrer des appareils publiquement.

(Source : *Tribune de Genève*)

★ ★ ★

Opérateurs de radiocommunication amateurs. — L'American Radio Relay League, organisation des opérateurs amateurs, a tenu sa septième assemblée nationale à Houston, Tex., du 10 au 12 juillet 1953. Les débats ont porté sur les communications à grande distance, sur l'utilisation des installations radioélectriques mobiles et des installations à ondes métriques.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

Calendrier des conférences ou réunions, récentes et futures, tenues sous l'égide de l'UIT

Date	*Titre*	*Lieu*
1953	**Comité consultatif international téléphonique (CCIF) :**	
30 septembre-7 octobre . . .	Sous-commission permanente de maintenance	Genève
1er-10 octobre . .	4e Commission d'études (appareils d'abonné)	
8-10 octobre . . .	5e Commission d'études (circuits radiotéléphoniques)	
12-31 octobre . .	3e Commission d'études (transmission sur les lignes)	
22-24 octobre . .	Commission pour les essais d'exploitation téléphonique internationale semi-automatique (CEA)	
26-31 octobre . .	8e Commission d'études (signalisation et commutation)	
3-11 novembre . .	1re Commission d'études (protection des circuits téléphoniques contre les perturbations)	
12-18 novembre .	2e Commission d'études (protection des enveloppes des câbles contre la corrosion)	
	Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) :	
3 sept.-9 octobre .	VIIe Assemblée plénière	Londres
1954		
1er mai	**Conseil d'administration de l'UIT (9e session)**	Genève
	Comité consultatif international téléphonique (CCIF) :	
automne	XVIIe Assemblée plénière	Genève

JOURNAL UIT

TELECOMMUNICATION JOURNAL

Published monthly

by the General Secretariat of the International Telecommunication Union (ITU)

SUBSCRIPTION RATES — For all countries : 10 Swiss francs yearly • Single copy 1.25 Swiss francs

For all information please apply to the Editorial office : Palais Wilson - GENEVA (Switzerland) - Telephone (022) 2 15 50

Postal-cheque account : Genève I/50

CONTENTS — No. 10 — OCTOBER 1953

	Page
The Uses and Possibilities of Electronics in Telephone Exchanges, by T. H. Flowers	148-163
H. A. Lorentz and the Bearing of his Work on Electromagnetic Telecommunication, by Prof. Balth. van der Pol	164-168
Book Review	169
Notes and News	169-171
Calendar of recent and forthcoming conferences or meetings held under the auspices of the ITU	172
Bibliography	I-II
Publications of the General Secretariat of the Union	III-VI

Journal télégraphique (1869-1933)
57 volumes published

Telecommunication Journal (since 1934)
Volume 20

Opinions expressed in the articles appearing in the Telecommunication Journal are the authors' personal opinions and do not necessarily reflect those of the Union.

The Uses and Possibilities of Electronics in Telephone Exchanges

by T. H. Flowers

It is now plain that electric conduction through gases at low pressure, the thermionic valve, the cathode-ray tube, the rectifier and other devices known as electronic, each in its turn, as it was discovered or invented, made possible new forms of switching and electric control apparatus. This fact was not realised at the times that the discoveries and inventions were made, but there is nothing mysterious about their uses as switches. Electro-mechanical and electronic switches with basically similar properties can be recognised and used, within defined limits, to replace one another. The familiar pair of contacts on a relay can be replaced by the cathode and anode of a triode valve controlled by a voltage on the control grid in much the same way that the relay is controlled by current through the coil. The circuitry may not be precisely the same, but there is little difficulty in achieving equivalent results in this and the many other forms which electro-mechanical switching may take. It follows that because electronic devices may be made to perform the same functions as relays, motor driven switches and so forth, the realisation of exchanges which are partly or even wholly electronic is theoretically possible, and much attention is now being given to this question. In some fields other than telephone exchanges, electronic switching has been making rapid progress, notably in large-scale automatic digital computors. The application of electronic switching to telephone exchanges has made slower progress chiefly because it has to compete in cost and performance with a well-established and efficient practice of electro-mechanical switching. Until recently electronic methods were used only when more orthodox ones were too difficult or impossible, in illustration of which may be mentioned the use of gas-discharge tubes in the Siemens-Halske system and hot-cathode valves in V.F. signalling systems. A gas-discharge tube has a higher impedance before a discharge is started than the operating coil of any relay that can be made, and it is for this reason that a gas-discharge tube is used in the Siemens-Halske system for releasing junction apparatus. In voice-frequency signalling systems, hot-cathode vacuum valves are employed because of their amplifying properties. The power of the signals when they reach the end of a transmission line is frequently as low as 10^{-5} watt, and this has to be amplified at least a hundredfold to operate the most sensitive of relays. So long as electronics remained limited to these kinds of applications, they of necessity constituted only a small part of telephony.

The large scale use of electronics in exchanges is dependent upon electronic apparatus being better able to do the same functions as electro-mechanical apparatus now performs. However, it would be a mistake to aim at straightforward replacement of electro-mechanical switching systems by equivalent electronic systems. The operations of electro-mechanical apparatus have been chosen to suit the speed at which the switches can work and to economise in movement as much as possible in order to keep wear and maintenance to a minimum. Electronic switches can operate at much higher speeds and their lives are not greatly affected by the number of times that they are operated. Hence the aim should be to produce the same overall result but not necessarily by the same switching procedures. The realisation of this difference has already prompted new forms of common apparatus to be designed for electronic operation on principles which would be inappropriate to electro-mechanical switches. The extent to which electronics are used in exchanges seems certain to increase because of these developments. Their ultimate place is not yet clear, and it would be unwise to attempt to prophesy the future. If, however, this article were limited to established uses of electronics in exchanges, it would not only be very short but would also fail to convey the real problems and the trend of modern thought toward their solution. It will therefore be concerned to show some of the possibilities for the future as well as the known applications.

Diode electronic switches

A vacuum diode acts as a switch between two conductors connected to its two electrodes if the polarity of the voltage between the electrodes is controlled to be one way or the other according as the diode is required to conduct or not to conduct. A typical hot-cathode switching diode is illustrated in fig. 1*b*. In the open or unoperated condition, the anode-to-cathode potential is negative, practically no current flows, and voltages up to 100 volts can be sustained with quite small diodes. In this condition the switch is effectively a very large resistor in parallel with a very small capacitor, which means that only for high-frequency currents is it anything but a complete disconnection. The switch closes when the potential of the anode is positive with respect to the cathode, its equivalent circuit then being in a typical case 100 ohms in series with an e.m.f. of about 0.5 volts which opposes the applied e.m.f., the whole being shunted by a small capacitance.

Fig. 1*a* shows a relay for comparison. The power needed to operate the relay is 0.1 to 1 watt, and the contact when closed will have a resistance much less than 1 ohm. The power which may be controlled by the contact is 100 watts or more. The power which may be switched by the diode of fig. 1*b* is limited by the operating conditions of the tube. When the diode is conducting it has to pass a signal current in a circuit containing a signal e.m.f. In this condition there must be enough steady current through the diode so that the addition of the signal current does not reverse the polarity of the total current through the diode. When the diode is not conducting, there must be sufficient steady negative voltage between the anode and the cathode so that the addition of the signal e.m.f. does not reverse the polarity of the anode-cathode voltage. This means in practice that the power which has to be applied to switch the diode either on or off is greater than the signal power which can be passed through the switch, a fact which is true of all diode devices and effectively prevents them from becoming power amplifiers.

The semi-conductor diodes form an important class of electronic switch and include copper-oxide, selenium, germanium and silicon rectifiers. These rectifiers behave like hot-cathode diodes in that the resistance between the two terminals changes from a high value for one polarity of applied voltage to a low value as the polarity reverses, and changes back again at the same values. The absence of a permanently heated cathode is a great advantage, but the rectifier is not always a satisfactory substitute for a hot-cathode diode as the ratio of its high or open impedance to its low or closed impedance is not so high as that of the hot-cathode valve. The open and closed impedances of various constructions and sizes of rectifier vary widely, as shown in fig. 1*c*, but the ratio between the open and closed impedances of individual rectifiers is fairly uniform at about 1000 to 1.

The cold-cathode gas-filled diode, shown in fig. 1 *(d)*, will conduct when a critical voltage of the anode positive with respect to the cathode is exceeded. A current discharge produced in the tube is accompanied by a visible glow at the cathode, so that the actions of starting and stopping a discharge are often referred to as making the tube glow and extinguishing the glow. Once a glow has been started, it will continue at a lower voltage; in fact, if the voltage is not reduced, the tube is ruined. This means that the tube must be protected by series resistance : it also results that when the tube is glowing, the change of current through the tube for small changes in voltage is large and hence the effective resistance of the tube is small and may in certain circumstances be negative, that is, increase in current reduces the voltage. To stop the discharge, it is necessary to reduce the anode-cathode voltage below a second critical voltage and to maintain it reduced for a time which is known as the de-ionization time and which is the chief factor

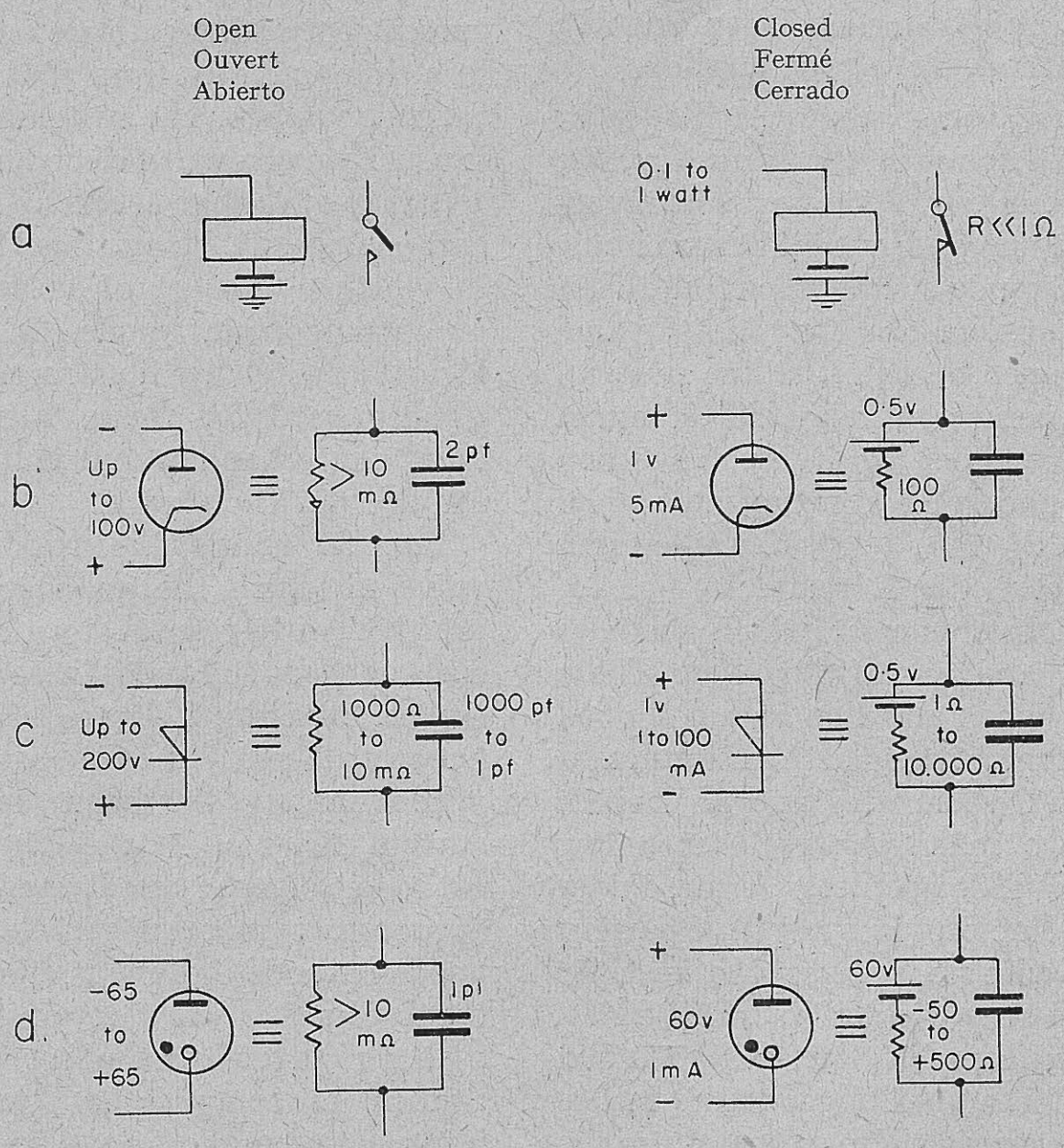


Fig. 1. (*a–d*) — Diode switches.

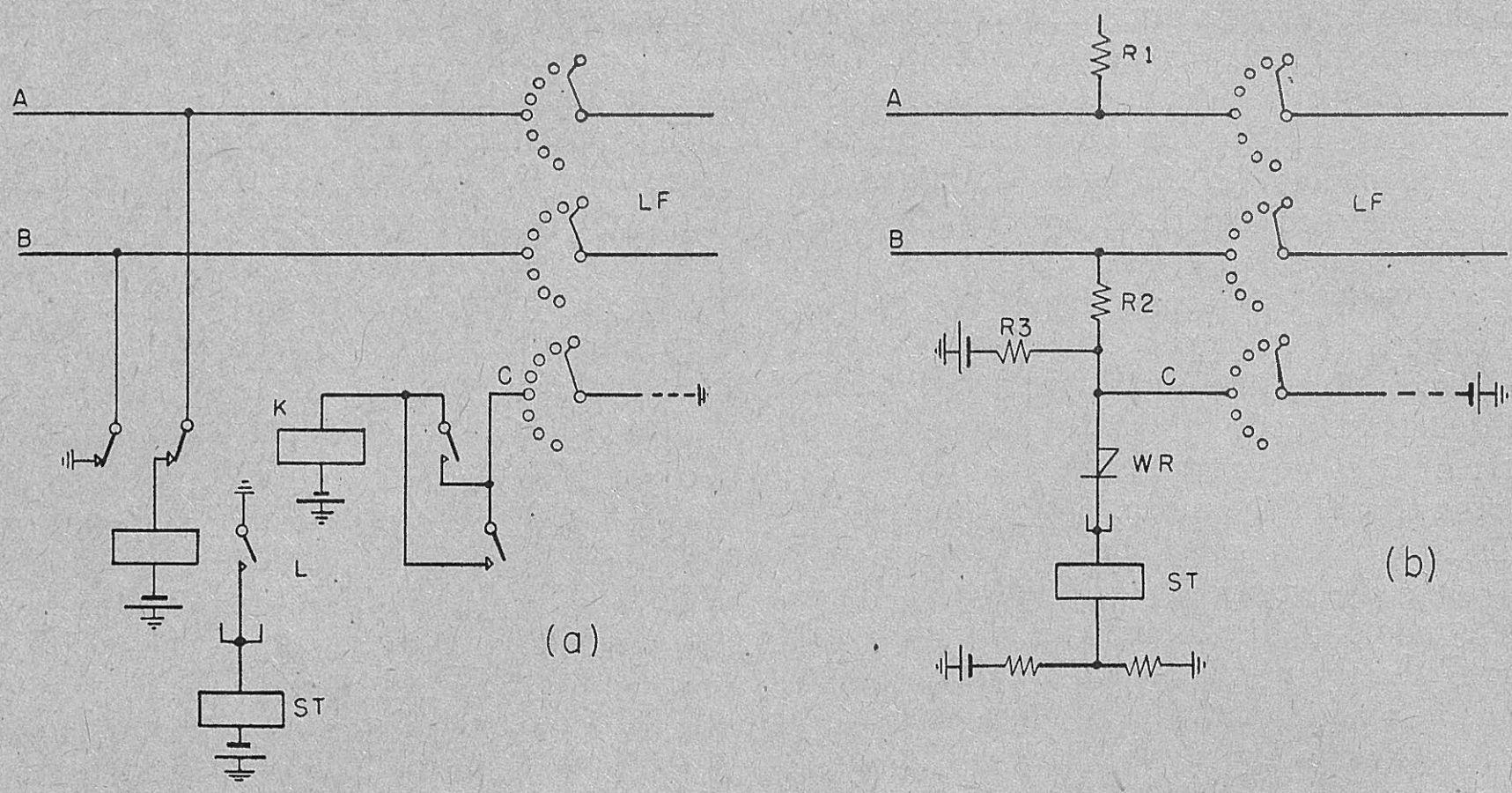


Fig. 2. — *(a)* Line-finder circuit ;
(b) Equivalent line-finder circuit using rectifiers as relays.

in limiting the speed at which the tube can switch. Fig. 1 *(d)* shows typical gas-tube characteristics. Unlike the vacuum and rectifier diodes previously described which change abruptly from conduction to non-conduction as the anode-cathode potential changes from positive to negative, and back again at the same point, gas-tube switching is dependent on the two critical positive voltages which have been described ; conduction also occurs if a sufficiently high negative anode-cathode voltage is applied.

It is perhaps not easy to see that the diodes in fig. 1 can be used as switches in the same way as, say, relays. For this reason fig. 2 shows for comparison, *(a)* a well-known line and cut-off relay circuit and *(b)* the equivalent diode-switched circuit taken from the 7E Rotary system. In fig. 2*a*, the line wires A and B when looped operate the line relay L, a contact on which operates a relay ST common to a large number of relays L. Relay ST when operated starts a line-finder LF rotating and when this is located on a calling line, relay K is energised over the C wire to release the L relay. In fig. 2*b*, each line is connected to a circuit which includes resistors R1, R2, R3, and a rectifier WR. These are so connected that when the line is not looped the polarity of the voltage across the rectifier makes it a disconnection, and when the line is looped, the polarity reverses to make the rectifier a low resistance and the relay ST operates. A line-finder when positioned on the line provides negative battery potential over the C wire to reverse the rectifier polarity once more and stop the action. High resistance is essential to resistors R1, R2, R3 to avoid excessive shunt loss of the speaking circuit. Hence the relay ST must be sensitive to respond to the small operating current which it receives, and this is the only real difference between the two arrangements.

More complicated electronic switches

The two-electrode switch which is operated by voltage changes at its terminals is simple but limited in its applications. A wider field of usefulness is possessed by switches in which the electron current between a cathode and an anode is controlled in a different way from that of changing the anode-cathode voltage. The switching action of these devices is usually a change of electron current which produces a change of voltage across an impedance in the anode-cathode circuit, being thus the opposite of the diode in which a change of voltage produces a change of current from anode to cathode. Some of the forms of switch are illustrated in fig. 3 in the symbols usually used for them. Fig. 3 also shows typical input control and output voltage and current changes for the devices shown.

Fig. 3*a* shows the triode hot-cathode vacuum valve in which the anode potential is at all times positive with respect to that of the cathode and current flow between these two electrodes is controlled by a third electrode, the control grid, placed between them. If the control grid potential is approximately the same as that of the cathode, current flows as in the diode with positive anode-cathode voltage ; but if the control grid potential is appreciably more negative than the cathode, the anode-cathode current is effectively interrupted. The control grid always retains control of the anode-cathode current and absorbs practically no power. Still more complicated structures with additional grids between the anode and the cathode are often used as switches with special properties which cannot

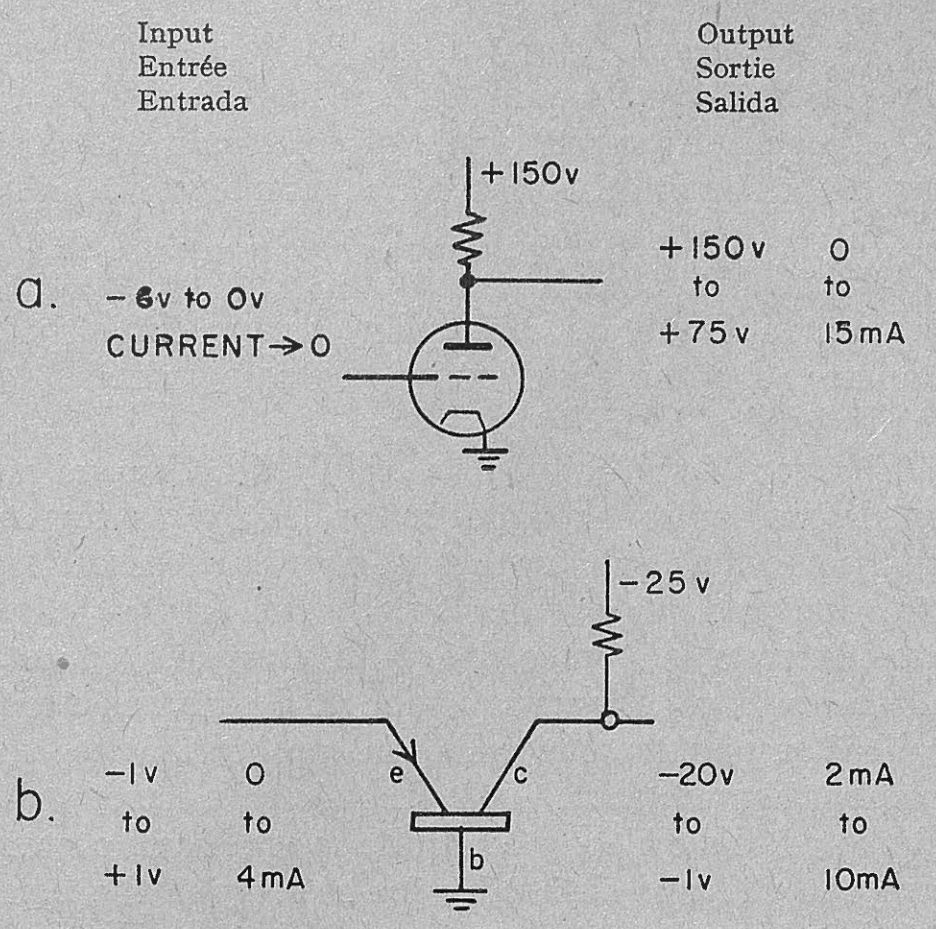


Fig. 3. *(a–d)* — Triode switches.

be discussed here. An important circuit arrangement of hot-cathode valves is the trigger circuit shown in fig. 4 in which two valves each have their anodes coupled to the control grid of the other. This circuit will always set itself so that one of the valves is conducting between anode and cathode and the other non-conducting ; there are two positions of stability in which these conditions are fulfilled, and the circuit can be driven into either of them, for example by a positive pulse applied through a rectifier to one of the control grids.

Hot-cathode valves used as switches are versatile, fast operating and capable of considerable output powers, but are avoided as much as possible because of the continuous power drain of the heated cathodes.

The 3-electrode semi-conductor transistor [1], fig. 3*b*, has emitter *e*, base *b*, and collector *c* electrodes and behaves somewhat like a three-electrode vacuum valve. The major differences are that it will operate with lower voltages, and the control of current between two of the electrodes, the base and collector is exercised more by current applied to the third, the emitter than by applied voltage. The power applied to the emitter circuit can control a greater power in the collector circuit. There are two kinds of construction, point-contact and junction. In the point-contact type, the emitter and collector are finely pointed ends of thin wires, known as cats' whiskers, which are pressed on to the base ; the base is usually a single crystal of germanium although other materials can be used. The typical operating conditions given in fig. 3*b* refer to a germanium point-contact transistor. The junction transistor consists of a single crystal of an element usually germanium to which minute additions of other elements have been made in sections of the crystal, the middle section being the base and only some 0.05 mm thick. A distinctive feature of the point-contact transistor is that a current change in the emitter-base circuit produces over a wide range of conditions a greater change of current on the collector-base circuit. This leads to the simple trigger circuit shown in fig. 5. The circuit will self-maintain itself in either of two conditions, one in which the emitter is negative with respect to the base and only small currents flow in the emitter and collector circuits, and the other in which the emitter is positive with respect to the base and relatively large currents flow in both circuits. The circuit can be triggered into the first condition by a positive pulse applied to the base, and into the second condition by a pulse of opposite polarity. The emitter and collector voltages need not exceed 1 volt and 10 volts respectively, and the currents should not be more than a few milli-amps., so that great power economy is possible relative to electron tubes.

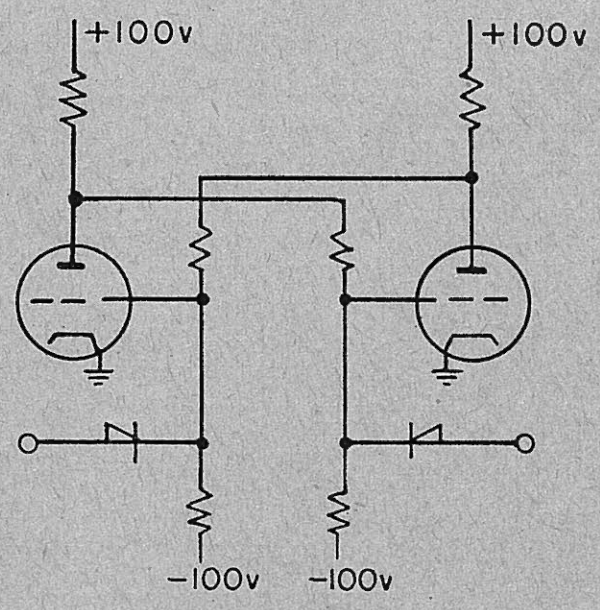


Fig. 4. — Vacuum valve trigger circuit.

[1] See articles on " Transistors " — Nos. 9 and 10 of the *Telecommunication Journal* (September and October 1952).

The triode gas-tube, fig. 3*c*, has a trigger electrode *t* placed nearer to the cathode than the anode is to the cathode. A current discharge can be started between the trigger and the cathode by a lower voltage than will by itself start the discharge between anode and cathode. A discharge between trigger and cathode causes a discharge to be established between anode and cathode without further action in the anode circuit, and the discharges once started behave as diode discharges and can be extinguished only by reducing their voltages below critical values. A power many times that needed by the trigger to start a discharge can be controlled by the anode circuit. The power amplifying property of a gas-tube is used in the 7E rotary system to multiply the power to relay ST in the circuit of fig. 2*b*, and many other switching applications are also dependent on this property. A single tube with an anode resistor and power supply is a trigger circuit with two naturally stable conditions, respectively with and without a current discharge. However, to change from the conducting to the non-conducting condition requires considerable power, for which a second tube is commonly supplied ; this leads to the arrangement of fig. 6 in which a large number of tubes are connected in parallel, and any one tube that is caused to glow by its trigger electrode immediately extinguishes the glow in any other tube which happens to have a current discharge through it at that time. In this way the equivalent of a multi-position switch is produced.

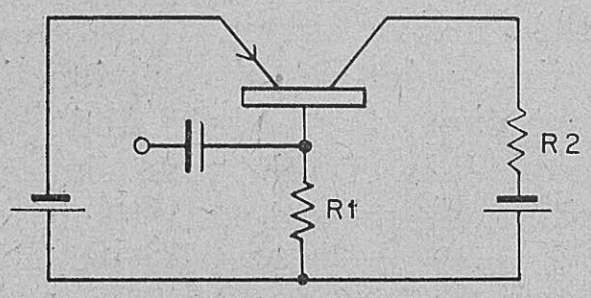


Fig. 5. — Point-contact transistor trigger circuit.

Fig. 3*d* illustrates a hot-cathode electronic switch in which control is exerted by deflecting a focussed beam of electrons. The structure is very similar to that of a cathode ray tube. The potential applied to the deflecting plates, DD, controls the beam so that it impinges on or fails to contact an output electrode. When in contact with an electrode there is a current flow between the cathode and the electrode. The most usual arrangement is a number, ten or more, of output electrodes to any one of which the beam may be directed as desired. A feed-back arrangement between the electrodes and the deflecting plates enables the beam to remain in contact with a selected electrode to which it is driven. Tubes of this description can be used in the same way that electro-mechanical uniselectors are used, but in the form illustrated are unsuitable for apparatus in regular service because they need high voltages and produce only small beam currents. Fig. 3*d* does not, therefore, show typical characteristics for this switch.

For each of the four types of electronic switch so far described in this section a simple self-locking circuit arrangement has been described. With appropriate modifications these circuits can be made to perform not only as self-locking relays but also as impulse counters and multi-position switches of many kinds.

Electron flow between a cold cathode and an anode can be provoked and controlled by two further and somewhat similar means known as secondary emission and photo-emission. In the first of these an electrode is bombarded with electrons, usually the beam of a cathode-ray tube, and emits electrons called secondary electrons, in proportion to the bombarding current. The secondary electrons are attracted to a collector electrode to produce a current between the two electrodes for as long as the bombarding beam is turned on. As one of its applications, this principle when added to the switch of fig. 3*d*, makes a switch more suited to practical use and small electronic exchanges have been built experimentally with them as the main switching elements. In the photo-emissive device, a specially constructed cathode emits electrons proportional to the amount of light which falls on it, and thus the current to the anode can be switched on and very nearly completely off by the on and off control of a light beam. Photo-transistors working as described in conjunction with punched metal cards now provide register-translator facilities in some cross-bar exchanges in the Bell system of the USA. A unit of this equipment contains a card for each translatable code, and each card is punched with 118 holes to a pattern which is the same for all cards. The cards, up to one thousand in number, are stacked in a box so that normally there are 118 tunnels through the cards ; light shines down the tunnels, each of which is terminated by a photo-transistor. The lower edge of each card is slotted according to the code which the card represents and rests on select bars which form the base of the box. In operation, the select bars are operated accordingly to a code for which a translation is required, whereby one card, the one with its lower edge notched according to the select bars operated and therefore to the input code, is allowed to drop

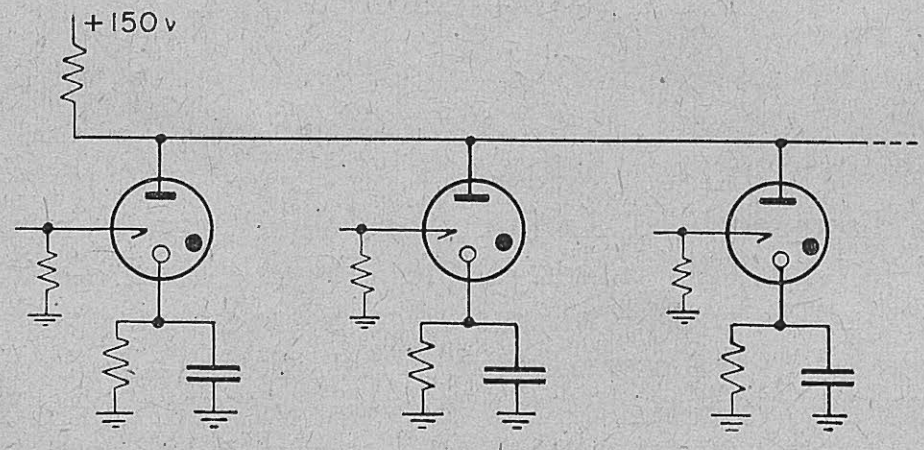


Fig. 6. — Gas-tube multi-position trigger circuit.

a small distance. A card falling cuts off the light from all the photo-transistors except a few for which the holes on that card are enlarged upwards. Hence some photo-transistors continue their emission unchanged, and others have theirs reduced. Change of current output from the photo-transistors is amplified by other transistors to control cold-cathode gas-discharge tubes which control conventional relays. The combination of relays operated when a card drops defines the translation for the code involved.

Some general switching notions

All electro-mechanical switches can be regarded as consisting of three parts, a motive unit, a mechanism and an assembly of contacts. The motive unit contains at least one electro-magnet through the coil of which electric current flows and stops, thus rocking or rotating an armature which operates the mechanism. The mechanism links the motive unit to the contacts. It may be simple as in the relay in which the rocking in and out of the armature is communicated as a similar motion to the contact springs, and there is thus a simple relationship between the current in the coil and the state of the contacts : or it may be complicated, as in the Strowger switch which needs the co-operation of two magnets, each of which may be operated up to ten times in order to produce the required contact operation of moving wipers into contact with one of one hundred sets of bank contacts, a position which is maintained when all outside control of the mechanism is removed. The contacts of an electro-mechanical switch may be closed or open. When closed they offer practically no resistance, and when open offer practically infinite impedance to most telephone currents. Finally, these switches are assembled and interconnected in various ways to produce the systems with which those in the telephone industry are familiar.

When automatic exchanges are described in the terms of the previous paragraph, and it is a description which many telephone engineers might give, the electronic devices and their characteristics which have been reviewed in previous sections seem so different from the electro-mechanical ones that there is often difficulty in seeing how the two kinds of switches can be made to perform the same switching operations. The examples which have been given of electronic applications to exchanges are some help in this direction, but leave much to be explained. The solution of this difficulty is to describe an automatic exchange in terms of what it does rather than in terms of the apparatus used. It is then of interest to examine to what extent all the characteristics of the existing switches are essential to the functions which they perform. This leads to a better understanding of the ways in which electronic switches can sometimes, and in other circumstances cannot, replace electro-mechanical types : it does not show how electronic switches might be used in ways in which electro-mechanical are not used because the latter are too slow in operating or would wear out too quickly, or other reason. This last part of the problem is the subject of current controversies and is best left to the imagination with some help by the description of some of the electronic devices which are now being developed in the various branches of the electrical art.

Automatic exchange operations start from the lifting of a handset and the dialling of a number and end by the connection together of two speech transmission circuits. Two types of switching operations can at once be recognised. One which is often called " logical " has to do with the calling, clearing, number recording, selection and all those operations which contribute to deciding which connection shall be made through the exchange. The second type may be called " connecting " and is concerned with making connections between speech transmission circuits.

The figure 7 illustrates contacts used for connector switching in a circuit which occurs in some form in every exchange switching system. Circuit 1 or 2 can be connected to circuit 3 by relay H1 or H2. The A

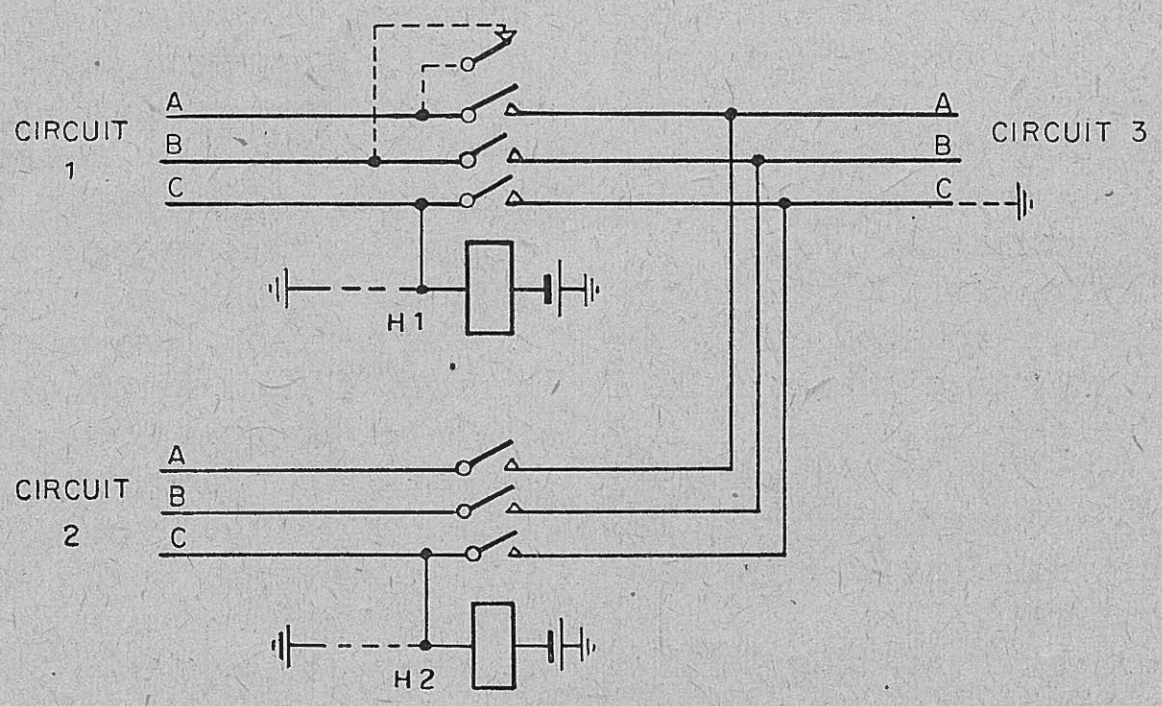


Fig. 7. — Relay connector switch.

and B wires carry speech currents and the contacts in those wires are connector contacts. Unless they have zero resistance when closed, some of the speech power is lost in the contacts ; this, although undesirable, is not entirely inadmissible as the loss if constant may possibly be made up by amplifiers. The

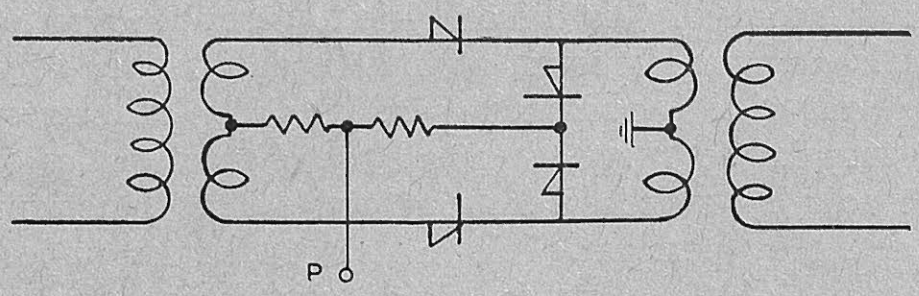


Fig. 8. — Rectifier connector switch.

more important condition is the impedance of the contacts when open. The extent to which the impedance of the open contacts may be less than infinity is dependent upon the amount of cross-talk which is tolerable between the circuits 1, 2 and 3. Cross-talk attenuation has to be very high if intelligible overhearing is to be avoided, or in other words, the impedance of the contacts when open must be very high. More exactly, the difference between the transmission loss when two circuits are intended to be connected and when they are intended to be disconnected must be high. This means that if series contacts are used to make the connections, they must have a ratio of open to closed impedance of at least 10,000 to one. If the contacts do not have such a high ratio of impedance the necessary difference in attenuation may nevertheless be produced by some arrangement such as series and shunt contacts, as shown by dotted connections to a contact on the H1 relay. The replacement of the contacts by rectifiers is then not difficult to imagine, and is already known in voice-switched circuits by the circuit of fig. 8 in which circuits 1 and 2 are connected or not connected according as the potential of point P is positive or negative with respect to earth. Finally, however, the fact that the important characteristic is the difference between the attenuation between two circuits when disconnected and when connected leads to the idea, which is elaborated in a later Section, that the connection between circuits can be made by any of the well-known transmission techniques of amplifiers and carrier channels to which a system of logical switching is added to control the transmission.

The contacts in the C wires of fig. 7 are also connector contacts. H relays are operated during the setting-up of a call and they then hold in parallel over the C wire until released. In this case it is a holding signal and not speech which is transmitted through the contacts. The requirements of the contacts are similar but rather less stringent than those of the A and B contacts.

As an introduction to logical switching, consider the following statements which refer to four different metering conditions of a calling line equipped with an electro-magnetically operated subscriber's meter, the calling line being able to connect itself to another line, a called line, through the exchange switches :—

(a) The magnet of the subscriber's meter is to be energized all the time that the called line is answered or re-answered and unenergized at all other times.

(b) Statement *(a)* is to apply between the hours of 6 a.m. and midnight ; between the hours of midnight and 6 a.m. the subscriber's meter is not to be operated at all.

(c) The magnet of the subscriber's meter is to be energized for one second each time the called line is answered or re-answered and is to be unenergized at all other times.

(d) The magnet of the subscriber's meter is to be energized for one second the first time the called line is answered and unenergized at all other times.

All four statements imply and require that the actions of a called subscriber in answering and clearing a call, actions which may be repeated several times during the progress of a single call, be converted into electrical signals. Apparatus which changes the form of signals is called a transducer. In this case a mechanical-to-electrical transducer is required, the usual one being the cradle switch with its contact to close and open the line loop as the handset is raised and replaced. Statement *(a)* requires merely that the answer and clear signals be connected through connector contacts, like these in the C-wire of fig. 7, to the coil of the subscriber's meter in such a way that the meter is operated by the answer signals and released by the clearing signals. This is illustrated in fig. 9*a*, by a line broken in two places to indicate connector contacts. It is not a practical system but it describes the simplest of signalling problems, that of a linear relationship between a cause and the required effect. However, the simple connecting together of the answer signal and the meter is not likely to be a satisfactory practical arrangement. Frequently the answer and clear signals are double current or other signals which need transducing before they are suitable for operating the single current meter, and almost without exception the answer signal needs amplification before it is powerful enough to operate the meter. Hence the more practical arrangement is that shown in fig. 9*b* with a relay interposed between the answer signal wire and the meter. The relay is not strictly a logical switch. In logic, one proceeds from given premises through an argument to a conclusion. Logical switching is so called by analogy in that it consists of input signals denoting causes which are the given premises, a conclusion in the form of an output signal representing the effect which is required to follow from the given inputs, the logical switching linking the inputs to the output and providing the argument which when applied to the input premises results in the required output conclusion. At least two inputs are essential to a logical switch. Since statement *(a)* merely requires that the input be

connected to the output, no logical switching is required. The relay in fig. 9*a* is a signal amplifier and a transducer for changing the answer signal to a suitable form for operating the meter.

Statement *(b)* also represents conditions which are not likely to occur in practice. It represents a crude system of varying the message rate according to the time of day, and it also provides an example of logical switching with two inputs consisting of the answer and time-of-day signals. This is shown in fig. 9*c* with two relays conventionally arranged to satisfy the requirements. The two relays provide not only the necessary logical switching but also, if necessary, power amplification and the transducing of the output signal to a form suitable to operate the meter, in the same way that the relay of fig. 9*b* performed these functions.

Fig. 9*d* is an arrangement of two relays which satisfied statement *(c)*. Both relays are operated by the answer signal, relay P without delay and relay Q after a delay of one second. The question which immediately comes to mind is, where are the two inputs which are a necessary minimum for logical switching ? The answer is that effectively there is one input to operate relay P and a second input which comes one second after the first to operate

I Current to operate the subscriber's meter

Courant actionnant le compteur d'abonné

Corriente para el funcionamiento del contador de abonado

II Current when call is answered or re-answered

Courant en cas de réponse ou de re-réponse

Corriente de respuesta o re-respuesta a la llamada

III Current from 6 a. m. till midnight

Courant de 6 h à 24 h

Corriente desde las 6 de la mañana hasta medianoche

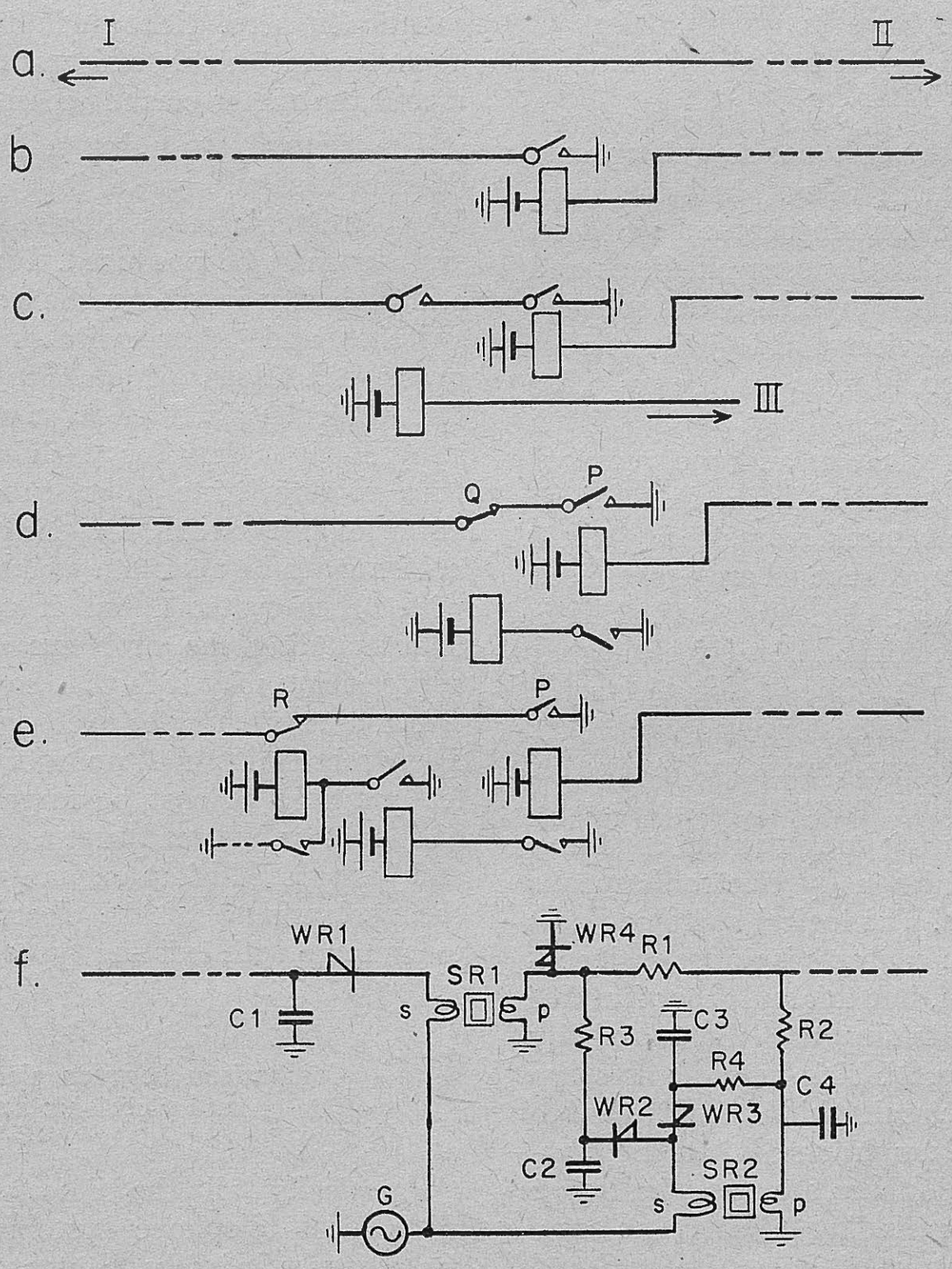


Fig. 9 *(a–f)* — Examples of logical switching.

relay Q. Obviously the second one can be derived from the first merely by adding a time delay. The fact that the relay Q provides the time delay as well as its switching function is an illustration of the way in which the elements of a switching system become intermixed. This is still further illustrated by the energization of relay Q through a contact of relay P instead of direct energization by the answer signal ; relay P is thus acting as a signal amplifier for relay Q. In fig. 9*e* relay Q acts as a signal amplifier for a relay R which introduce a new function into the switching, that of memory. Relay R remembers that the answer signal has been given once and thereafter prevents any further operation of the subscriber's meter, as required by statement *(d)*. Effectively it then adds a third input to the logical switching. Much of exchange operation is more properly described as memorising than as switching, and a later section of this article is devoted to this question. Here it is sufficient to remark that from an engineering point of view the essential feature of a memory device is that the device shall have more than one condition of stability, which is a condition in which it will remain when at least some and preferably when all of the controls which produced the condition have been removed. Relay R remains unoperated or operated due to an electrical circuit through one of its own contacts. Strowger switches and uniselectors have many conditions of stability, each condition being a mechanically latched position of the wipers.

It should be clear from what has now been said about logical switching with relays, and the same is true of other forms of electro-mechanical switches, that these switches with their coils, mechanisms and contacts function as signal amplifiers, transducers, timing devices, memory devices and logical switches but that in fact the actual form of the switches used is quite unimportant. So long as the given input conditions can be taken in and the required conclusion given out in suitable form, it is of no consequence if motive units, mechanisms and contacts with zero to infinity impedance change are used or devices of quite different characteristics. This is where the search for electronic alternatives begins. Signal amplification is not difficult for electronic apparatus, and timing with resistors and capacitors is obviously possible. Trigger circuits with two or more conditions of stability have the essentials of memory devices. Transducing one electrical condition to another electrical condition by electronic means is not difficult to imagine. The logical switching now performed by networks of contacts is not so easily explained in electronic form, but this and other features of electronic logical switching are illustrated by the example shown in fig. 9*f*. This example uses two magnetic amplifiers in a circuit which is equivalent to that of fig. 9*e*. Each of the amplifiers SR1 and SR2 has a magnetic core on which there are two windings *p* and *s*. With no current in winding *p*, winding *s* has a high impedance to the output of the generator G and allows very little current to flow to the load circuits, connected through rectifier WR1 in the case of amplifier SR1 and rectifiers WR2 and WR3 in the case of amplifier SR2. This is the normal condition of the apparatus. Current in excess of a critical value flowing through the winding *p* magnetically saturates the core and the winding *s* offers practically no resistance to the flow of current from the generator G. The answer signal causes current through resistor R1 to saturate the core of amplifier SR1, thus permitting current to flow from the generator to the rectifier WR1 and capacitor C1, which act together as an a.e. to d.e. transducer to produce a suitable meter operating signal. The answer signal also applies current to the *p* winding of amplifier SR2 through resistor R2, but the critical value which causes the core to saturate is delayed for one second by the capacitor C4. Current then flows from the generator G through the winding *s* of amplifier SR2 and is rectified by rectifiers WR2 and WR3. Current through the second is fed back to the winding *p* of SR2 via the resistor R4 in such strength that the core of SR2 is always saturated even if the answer signal changes to the clear signal. This amplifier is now locked as relay R in fig. 9*e* was locked. Current through the rectifier WR2 is fed through the resistor R3 to over-ride the answer signal current in the winding *p* of amplifier SR1, the rectifier WR4 ensuring that the current through the winding is practically zero. Hence winding *s* of this amplifier again becomes highly resistant to current flow through it and the meter current ceases.

The general switching notions which have been described should go a long way toward showing how electronic equivalents of electro-mechanical systems may be produced. It may be that there is still difficulty in seeing the equivalent of Strowger switches and other switches which have a great many conditions of stability. One way out of this difficulty is first to convert the switches to relays, one relay for each position of stability, then to substitute a gas-tube, or valve or transistor trigger circuit for each relay. The result is not likely to be a system which can compete on costs with other systems, but it may be some help in understanding the problems involved, and also in appreciating why it is that so far the application of electronic switching to exchanges has been limited to a few relatively small units of logical switching. But let questions of cost be forgotten for the moment, and let it be assumed that a considerable proportion and perhaps all of an exchange is electronic. How is the performance of the electronic apparatus likely to compare with existing types ?

Comparison between electro-mechanical and electronic switching

Practically all the defects of existing electro-mechanical telephone systems can be ascribed to three causes, namely, contact faults, wear of parts, and bad joints in the wiring. These and their cor-

responding electronic equivalents will first be described.

The certainty with which the atoms of two conducting surfaces can be made to contact one another is a question of the state of the surfaces. If they can be kept free of low-conductivity tarnish films, and from dust and oil and other substances carried by the atmosphere, or self-generated by the contact-operating mechanism itself and liable to be deposited on the contacts, then good contact is made every time that the two surfaces are pressed together. Something approaching this condition has been achieved in practice but perfection has not yet been reached. The use of twin contacts as is common with relays, reduces the risk of bad contacts to a very small value, but not to zero. Contacts of very pure and clean metal hermetically sealed into a glass tube filled with an inert gas and operated by a magnetic flux applied from the outside, have been constructed and might satisfy the conditions for perfect contacting but are so far too expensive for common use. The contacting is extremely reliable but there is a risk that very pure and clean surfaces in conjunction with the very small forces available might give rise to the opposite kind of fault, that the contact sticks and fails to open when the operating force is removed.

An electronic switch has no contact surface exposed to the atmosphere and is therefore free of trouble due to this cause. Its trouble-free and continued operation is dependent instead upon the permanence of the physical and chemical conditions inside the switch, and permanence is not by any means the natural order of electronic devices. Indeed, many of them depend for their efficient operation on changes brought about by forming processes carried out after manufacture and sealing. This is true of cold-emission diodes and point-contact transistors, and of hot-cathode valves with cathodes which, to increase the electron emission, are coated with barium oxide or other substance. It is not always possible to stop these processes exactly at the desired stage and to prevent their going on slowly during the life of the switch. Structures with electrodes inside vacuum or gas-filled spaces are subject to further changes due to absorption and evolution of minute quantities of gas into and out of the glass and metal surfaces, and to the loss of material from a surface under ionic bombardment and its deposition elsewhere. The ionic bombardment of the cathode which is essential to the operation of a cold-cathode gas-discharge tube tends to destroy the coating often placed on the cathode to facilitate electron production under the bombardment. Despite the many difficulties which have to be overcome, much has been done in the way of understanding and improving the stability and characteristics of electronic components. Highly efficient hot-cathode valves with lives which are indefinitely long have been produced for specialized purposes such as repeaters in cables permanently submerged under the ocean. Gas-tube life is made very long by careful manufacture, together with limiting the discharge currents to small values to preserve the cathode. The permanence of the characteristics of the semiconductor devices is also closely related to the current loading, in fact if the heating due to the loading is kept low there is no obvious reason for deterioration. It is to be noted that although internal deterioration of an electronic switch is equivalent in some respects to contact faults in electro-mechanical switches, the imminence of faults due to the first can be detected by simple routine tests whereas the second being largely a random phenomenon is not subject to anticipation.

The operation of an electro-mechanical switch involves mechanical movement of a motive unit and a mechanism. The movement implies wear and consequent maintenance attention in re-adjustment and changing of worn parts. The problem involved is one of system and apparatus design limited by the characteristics of available materials and the price which can be afforded for telephone service. Within these limits it is not difficult to make most parts of exchanges to last forty years or more with very little attention. One of the fields for electronic switches is for those parts of exchanges for which electro-mechanical switches have a short and expensive life. An electronic switch is not subject to wear since it requires no mechanical movement for its operation. An equivalent effect can, however, be traced. The electron stream inside an electronic switch is controlled by a change of current or voltage produced outside of the switch by current flow in resistors, capacitors and inductors. Changes in these pieces of apparatus brought about by time and use result in small changes in the control conditions offered to the switches and failure when the change exceeds certain limits, which is the same in its effect as that of wear on the operation of an electro-mechanical device. Although the effect is the same as that of wear, the cause is not greatly dependent and is often not dependent at all on the number of times that an electronic switch is operated. At present highly stable and reliable resistors and capacitors are expensive. The stability and reliability of cheap, mass-produced resistors and capacitors are adequate for most industrial purposes where installations comprise at most a few hundred such items, but not for use in telephone exchanges in tens of thousands. The present annual failure rate of about one per thousand items, mostly disconnections, must be improved by a factor of at least ten before the cost of finding and replacing the faulty items would be adequately small. It is mostly a problem of manufacture, to produce components which are accurate and stable with time as well as being cheap. The problem is one which confronts the whole of the electronics industry and if only for this reason it is to be expected that great efforts will be put into its solution. The essential simplicity of the components under consideration leads to the belief that they can eventually be made adequately reliable.

The problem of bad joints in the wiring of automatic telephone equipment of all types is a major one. There are inevitably a vast number of permanent connections between wires and tags on relays, valve holders and so forth. A minute fraction of these joints not being properly made, usually by not being properly soldered, can cause disproportionate and continuing trouble throughout the life of the exchange. The trouble is disproportionate because each conversation through the exchange involves a large number of wire joints any one of which being faulty will spoil the call, and continuing because bad joints become manifest at random times throughout the life of an exchange as vibration, corrosion of exposed surfaces or other circumstances cause joints to become high resistances. Bad joints have been the subject of study for a long time. The Bell Telephone Laboratories have developed a method of making the joints by wrapping the wires round a rectangular sectioned tag, and this shows promise of solving the problem.

Summarising, it may be said that electronic equipment shows no marked advantage at present over electro-mechanical equipment in respect of the equivalents of contact faults and wear of parts but may well do so in the future. Bad joints in the wiring of any type of apparatus should disappear as a cause of faults in the future.

The breakage of parts has practically ceased to be a cause of failure in electro-mechanical exchanges but it has not yet reached that stage in electronic apparatus. Breakages of glass envelopes, of welds between electrodes and supports, and similar failures still occur frequency enough to be a problem, although a small one because such failures show up in general very early in the lives of the components concerned, and in ways which make the components easily detected. Improvement with time is again to be expected as manufacturing techniques improve.

Probably the most important difference between electronic and electro-mechanical switches is the switching speeds of which each is capable. It is not difficult to make electronic switches which switch at one thousand times the speed of the fastest electro-mechanical switch. This, combined with the fact that the life of an electronic switch is not greatly dependent on the number of times it is operated, has already been mentioned as conducive to new modes of operation of exchange apparatus, of which some examples are given later.

One comparison which it is of interest to make between the two kinds of switching under consideration is in respect of the amount of power which a telephone exchange has to absorb in its operation. The sum of the maximum speech powers of all the conversations switched through an exchange at any one time rarely exceeds one watt. It is axiomatic that an electronic switch must continuously absorb in one of its states, on or off, at least as much power as it switches. Usually the ratio of power absorbed to the power switched is dictated by practical considerations to be very much greater than unity, but even so it is clear that it is not impossible that exchanges with very small power consumptions can eventually be produced. Telephone switching apparatus is concentrated into buildings and into fairly large units at present for two main reasons, namely, so that it can be fed with power and so that it is easily accessible for maintenance. Apparatus which needed no maintenance attention and so little power that what it did need could easily be supplied over the speech transmission network, would open up the possibility of decentralising the switching. Economically theis would be extremely important and both of the primary requirements are within the ambit of electronic development.

Electronic apparatus in use and projected for exchanges

Mention has already been made of gas-tubes and photo-transistors which have been introduced into practice as switching components in basically electro-mechanical apparatus. The next step in the progress of electronics into exchange practice is the introduction of electronic units of apparatus. Two developments which will now be described show that this step has already commenced.

The British Post Office uses for its large metropolitan telephone areas the Director system which consists of Strowger switches controlled by register-translators called directors. A director receives six dialled digits, translates the first two into routing digits which are pulsed into the switches and may comprise any number of digits up to six, and repeats unchanged the last four received digits. There have been in operation since May 1952 in Richmond Exchange, London, a number of directors which are wholly electronic except for a few relays which are necessary to link the electronic to the existing electro-mechanical switching. The electronic directors are divided into two parts, registers and a translator which is common to a group of registers. Each of the six digits received into a register is stored on a chain of eleven gas-discharge tubes. The first tubes in the chains are controlled by a digit distributor to glow in turn as each complete digit is received. The impulses of a digit are directed to the chain whose first tube is glowing when the digit starts, and each impulse causes the glow to move to the next tube along the chain, starting from the first tube. The translator has a ring of gas-tubes up to 100 in number, each tube corresponding to one of the numbers formed by the first two digits of the numbers which may be stored in the registers. There is always one, and only one, glowing tube in the ring, the glow being stepped from tube to tube at a speed of 90 steps per second. A register which has received two digits stops the translator chain of gas tubes at the point corresponding to the number formed by the two digits, which point defines the translation digits. The register accepts the translation digits from the translator, sends them out into the Strowger swit-

ches and then adds the last four digits which it has received and stored. This installation has demonstrated that electronic directors can be as reliable as, and need no more maintenance than, the original electro-mechanical ones. No more was expected of a trial which was undertaken chiefly to gain experience in the operating of large electronic devices in telephone exchanges. Further trials which are planned include one of a register-translator for seven digit numbers and translating the first three digits. Again there is one translator common to a number of registers, but in this case the translator is connected to each register in turn at high speed, and each register when it has received three digits and its turn comes round to be connected to the translator, sends the three digits into the translator and receives back the translation digits, all at high speed.

An important new development in the application of electronics to telephone exchanges is being made by the Bell Telephone Manufacturing Company of Antwerp. This Company is manufacturing and installing an exchange consisting of a new system designed on the basis of the combination, for establishing the conversational connections, of a mechanical switch employing precious metal pressure contacts and a large scale application of electronic control apparatus. The electronic control apparatus is characterised by the use of time pulse division for the identification of subscriber lines or switch outlets, by using scanners employing resistances and dry rectifiers only and by the use of a limited number of hot triodes, as well as of three electrode cold-cathode tubes of conventional design. Further details have not yet been made available.

Electronic memory devices and their uses in exchanges

Memory devices have already been mentioned as important parts of telephone exchanges. In this section the question of memory is considered in some detail. Broadly there must be memorised sufficient information to satisfy any demand which any caller may make on the exchange. Some of this information pertains to the particular call which is being handled at the time, such as the number which is being called. This is described as temporary information, and is remembered only so long as the call is in process of being set up. Other information has to be continuously available and is therefore called permanent. It includes, among many items, the routings and costs of calls to various places, and for each exchange number whether it refers to a single line or to a group of lines or is a dead number not yet allocated to a subscriber. In manual exchanges, most of the temporary memory and much of the permanent memory is provided by the operators, who remember temporarily the information communicated by the callers, and permanently certain instructions laid down by the operating Administration. The rest of the permanent memory consists of information written into indexed cards fixed on the operators' positions or written on the switch-board multiple and stile-strips. Even the permanent memory must be changeable without too much difficulty to satisfy the slowly changing features of the system. A still further part of exchange operation having much of the character of a temporary memory is that which indicates which circuits are free and which are already engaged when a particular call comes to be set up, so that a suitable route can be found. In automatic exchanges all the information necessary to the operation of an exchange has to be stored on machine units within the exchange. In electro-mechanical exchanges temporary memory often consists of groups of relays for storing, for example, numbers as they are dialled. The free or engaged indication is given by the mechanical position of a switch which connects to a line over two of its moveable contacts, wipers or relay springs, and signals over a third, for so long as the switch is in that position, that the line is engaged and not to be used for another connection. Permanent memory frequently consists of wiring. The wiring on a translation field of a register-translator remembers the translations for the numbers which can be called, and the wiring of the number unobtainable tone to the banks of switches remembers which of the exchange numbers are not yet allocated to working lines. Holes punched in cards and tape is a memory device having a great many uses, one of which in a register-translater has already been described.

It is also to be remarked that an important part of the memory equipment of an exchange is that which records the numbers of units of charge which each line has accumulated, and which in the present types of exchange consists of message registers having numbered wheels which will remain in any position in which they are set and thus constitute a memory.

Vacuum valves, gas-tubes and transistors can easily be arranged to operate, lock, count, translate and generally to perform the same functions as relays and electro-mechanical devices of all kinds. Of much interest, however, are a number of electronic memory devices which are not so obviously straightforward equivalents of known electro-mechanical devices. Common features of the new apparatus are the ability to store a given amount of information in a much smaller space, and to store a large amount of information at much reduced cost ; this means that very much more information can be remembered in exchanges than has ever been practicable before. It is too early yet to assess the significance of these facts with accuracy, but they may well prove to have a profound importance. It has already been remarked that possibilities of exchange processes not feasible with mechanical switches are opened up by the greater speed of operation of electronic apparatus and its ability to work continuously without fear that it will quickly wear out. Cheap and abundant memory capacity may well have a similar effect, as will perhaps be clearer after describing two of the

several devices, one chiefly useful as a temporary memory and the other of very great capacity suited to permanent as well as to temporary memory.

There have recently been produced materials which will magnetise to saturation in weak magnetising fields, and will retain the saturation flux even though the magnetising force be removed. One small piece of material of this kind in conjunction with some electronic circuitry may be made to do the work of one relay used as a memory device, but with no advantage for just one relay. Space and cost advantage result in those cases where many relays can be replaced by an equal number of small pieces of the new material and the associated electronic circuitry can be shared between them. These conditions occur in registers and elsewhere. In one practical application, magnetic material of the type described is made into toroids two or three millimetres in outside diameter and about the same in length, and each is threaded with two wires forming the primary and secondary windings of a transformer. Current through the primary in one direction and then ceasing will leave one of the cores saturated in one direction of magnetisation, which direction will be called A. Current in the opposite direction will cause saturation in the direction B opposite to that of A. The two conditions A and B can be made to correspond to a relay which is respectively unoperated and self-locked in the operated position, in the following way. Suppose the core to be normally magnetised in the direction A and to be " operated " when magnetised in direction B. To determine which of the two conditions it is in at any time, the associated electronic circuit passes current through the primary wire to produce magnetisation in direction A and tests for an induced voltage in the secondary wire. If the core was already in condition A there is no change of flux produced by this procedure, and no induction into the secondary wire, but if the core had been in condition B, then there is a change of flux and an induced voltage in the secondary wire. The fact that the core does not continuously indicate its condition in the same way as a relay is able to do, but has to be tested at pre-determined instants in a cycle of operations, is no handicap in such applications as number storage in registers. Ten toroids per decimal digit replace as many relays or equivalent counting switches, in a smaller space and at a less cost if the number of digits exceeds two or three.

The large capacity memory to be described is not purely electronic because it includes a mechanically moving member in the shape of a continuously rotating drum. The only wear is that of lightly-loaded and well-designed bearings. In all other respects the apparatus is electronic. The drum is non-magnetic and coated with a thin layer of magnetic material. Nickel electro-plated on the surface to a thickness of 0.02 mm. is commonly used for the magnetic coating which is the memory element and on which magnetic recordings are made by a number of heads in fixed positions. Each head operates on a track about 1 mm. wide round the drum and when recording carries current in its coil to saturate magnetically the portion of the track immediately under it. To make a record the current in the coil is reversed and then quickly reversed again, whereby a tiny element of the area of the drum surface is left in a magnetic condition different from the normal one. This area in passing under a reproducing head, which may be the recording head used at a different time or a separate head altogether, causes an induced e.m.f. in the head. As the record is not destroyed by being read, it may be maintained indefinitely and read as often as required. Each recorded element is equivalent to one relay which, by retaining an operated or released condition which it is given, acts as a memory. The area of drum needed for one element of record is so small that a very large number, 3000 or more, may be packed round one track. Drums with 200 or more tracks can readily be made so that a total storage capacity in excess of one million elements has been made and operated successfully. An important feature is that the rotation of the drum is very accurately synchronised with an external standard frequency or pulse source. Each element on a track is thus identifiable by a time element derived from the standard source, in which time it can have a record made on it, or the record on it can be read by an equipment common to the track.

The magnetic drum memory shows promise of advantage to telephone exchanges in those situations which involve a large amount of apparatus providing or needing a large amount of memory capacity. The register-translators in large exchanges are clearly one such situation and have been considered for that purpose. In one arrangement a number of tracks are used as temporary memories of the numbers dialled into perhaps as many as one hundred registers. Other tracks carry a permanent record of the translations corresponding to numbers which may be dialled. Each translation is identified either by an accompanying record or the position which it occupies on the drum. One of the problems is to link the registered numbers with the memorised translations so that the translation corresponding to a complete number may be extracted from the memory, and this may be solved with relatively little apparatus. In fact, one drum with a modest amount of other apparatus may replace up to 100 orthodox register-translators with great economy in cost and space. A number of other uses for the magnetic drum memory may be visualized. One which is applicable to existing as well as to new types of exchanges is to message registering. At present for this purpose, each subscriber's line is provided with a message register which is essentially a counter in the decimal scale. Alternatively, each line may be allotted a section of one track of a drum recorder, the elements of this section acting as a counter to count in the scale of two the same pulses as now operate the individual message register. In this way account may be kept by one drum for two thousand or more subscriber

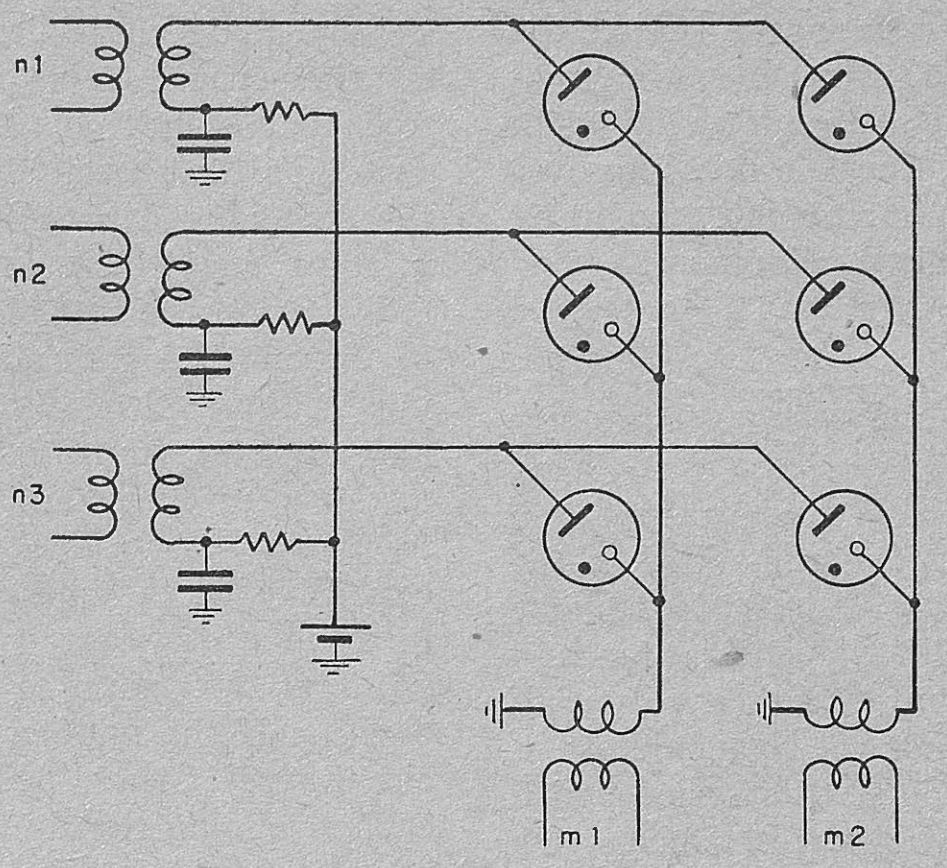


Fig. 10. — Gas-tube connector switch.

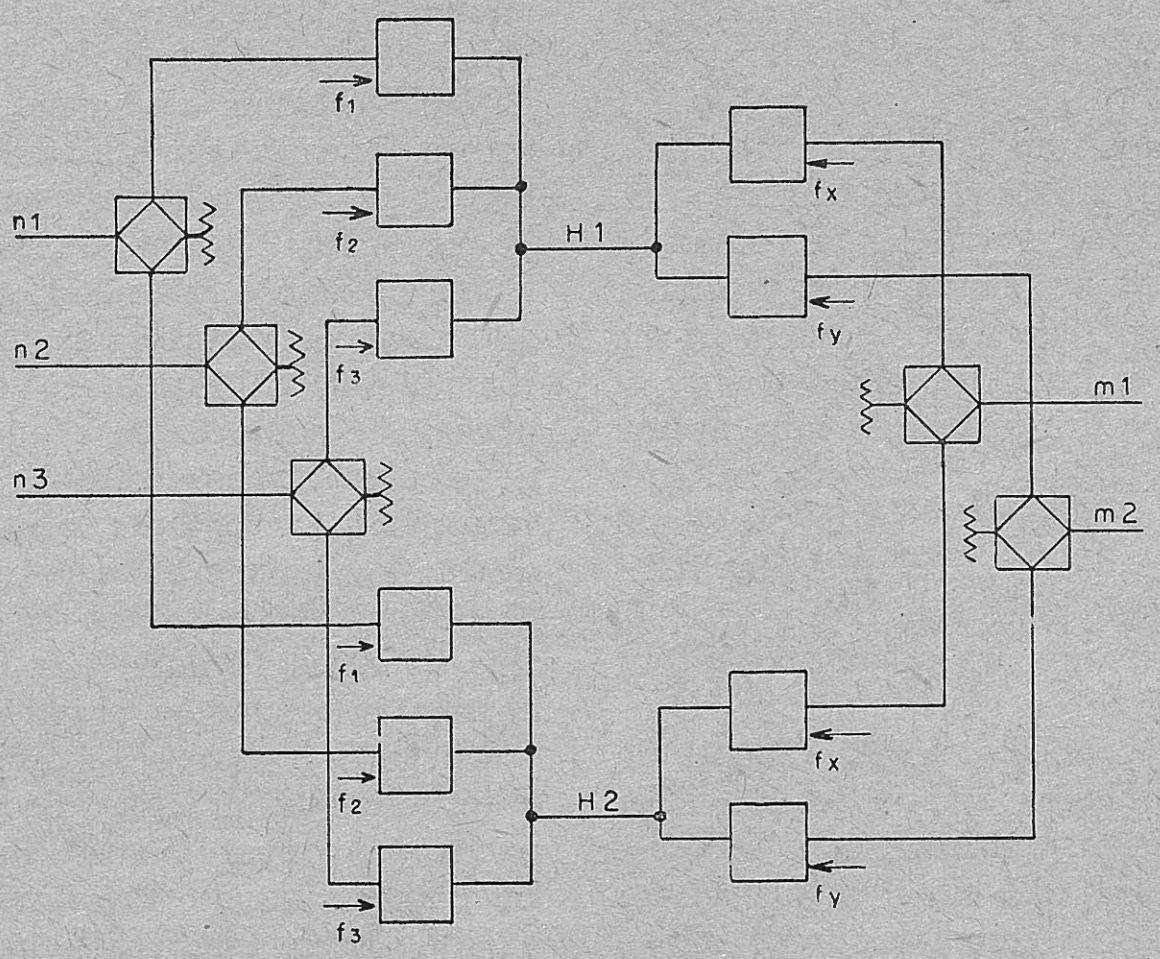


Fig. 11. — Multiplex connector switch.

lines. The change from scale-of-two to decimal readings is made by the reading out apparatus. The most attractive part of the arrangement is that the records may be read out at any time by purely machine methods in printed form or in a form suited to machine accounting methods. Considerable improvement in accuracy and reduction in overall accounting costs may be possible with this development.

Fully electronic exchanges

It will be gathered from what has already been written so far that electronics are well-suited to the control switching and memory functions of telephone exchanges, that they are slowly penetrating into practice in those capacities, and that their potentialities in these directions have not yet been exhausted. These present developments lead to systems which are mixed electro-mechanical and electronic, each used in the sphere in which it, for the time being at least, excels the other. Natural curiosity leads on to ask what is the possibility that exchanges which are wholly electronic will prove to be competitive with systems which are at least partly electro-mechanical. The major step which must be taken in passing from partly to wholly electronic exchanges is that of making the connector switches electronic. They take the form in existing practice of Strowger, rotary, cross-bar and a variety of other constructions, the common feature of which is that the speech currents suffer no attenuation in passing through the contacts. No electronic switch presents exactly the same conditions. The nearest approach is made by some previously mentioned types of gas-discharge tube in which, when the discharge is taking place, the resistance between the anode and cathode for small changes of voltage and current is negative. There is then a small attenuation gain which can be lost in transformers or other way. Gas-tubes can be made into connector switches analogous to cross-bar switches, as shown in fig. 10 in which any one of the speech circuits $n1$, $n2$, $n3$ may be joined to any of the circuits $m1$, $m2$ by firing the gas-tube at the cross-point of the two circuits. Electronic switches having an appreciable resistance when in the closed state may be used instead of gas tubes if amplifiers to make up the transmission losses are provided. Exchanges built in this way are fairly simple but need a large number of tubes.

There is a type of connector switch based on multiplex speech transmission and in which either frequency- or time-division multiplex may be used. Fig. 11 shows circuits $n1$, $n2$, $n3$ multiplexed for their transmit speech to the common circuit H1 on carrier waves of frequency $f1$, $f2$, $f3$ and receiving from the common circuit H2 on waves of the same carrier frequencies ; the terminals of the circuits $m1$, $m2$, transmit and receive on waves x and y which may be set by the control system to be any one of the carrier frequencies $f1$, $f2$, or $f3$. A connection between an m circuit and any of the n circuits may be made by selecting and switching the appropriate carrier frequency to the m circuit. Time-division switches have multiplex terminals as in fig. 11 but use time-spaced trains of pulses instead of the carrier frequencies. Multiplex switches avoid the problem of switching the speech circuits directly and substitute the switching of carrier frequencies or time-pulses. Thereby may be gained some simplification and reduction in the cost of the switching at the expense of the multiplex terminals. The terminals may be much simplified relative to those commonly used for long-distance transmission since there is no long-distance problem and no need to economise in frequency bandwidth. Nevertheless they are still expensive as switching units and can be made to prove-in on cost only by making them into large switches, for example with 100 or more n or m circuits. If the number of n circuits is N and of m circuits is M, then in fig. 10 the number of cross-points each needing a switching element is the product NM, whereas in fig. 11 the number of pairs of transmit and receive multiplex terminals is the sum N + M. The difference between the sum and the product becomes very great as the numbers N and M increase ; more exactly, exchanges with multiplex switches have to be engineered with fewer stages of larger switches if they are to compete in cost with multipled element switches.

It is not suggested that the connector switches which have been outlined in this section, and the switching and memory elements which have been discussed in the previous sections, exhaust all the possibilities of electronic construction. One intention has been to show that fully electronic exchanges of a number of kinds can be built. Whether any of these will be able to compete with existing types or new partly electronic exchanges is a question for the future. The present state of development does not permit an answer, but two general observations may be made. First, telephone networks are an economic balance between line plant, subscriber station plant, and exchange plant costs. A change in any one of them is reflected into all th others. Not only are the exchanges liable to be changed because of modern developments in electronics, but so are also the transmission networks because of transistor and other developments. The questions at issue are therefore wider than just the switching. On the whole this situation favours fully electronic exchanges. A change in exchange practice may be more easily justified if it can be combined with a change in external plant practice. Second, if fully electronic exchanges come to be used in already well developed telephone systems, they must interwork with the existing exchanges. This presents no technical difficulties. Difficulty is more likely to arise in justifying a new type of exchange when so much capital expenditure has already been incurred in anticipation of continuing existing practices. In other words, it is not sufficient for fully electronic exchanges to be as good or even slightly better than existing or partially electronic exchanges. They will have to

offer substantial advantage over other types if they are to find their way into practice.

* * *

Conclusion

It is not claimed or to be expected that all of the possibilities of electronics in telephone exchanges can be foreseen at this time. It is sufficient that the conclusions already given, and notably that electronic switching provides opportunities for new modes of exchange operation, justify pressing on with electronic development, as it is in fact being pursued in the telephone laboratories of the world. The final questions which have to be answered are essentially the same as those for any other development. These include, to what extent can electronics provide cheaper service, or more reliable service, or lead to less maintenance being required. It seems that answers to at least some of these questions may be given in the course of the next few years.

* * *

Acknowledgments :

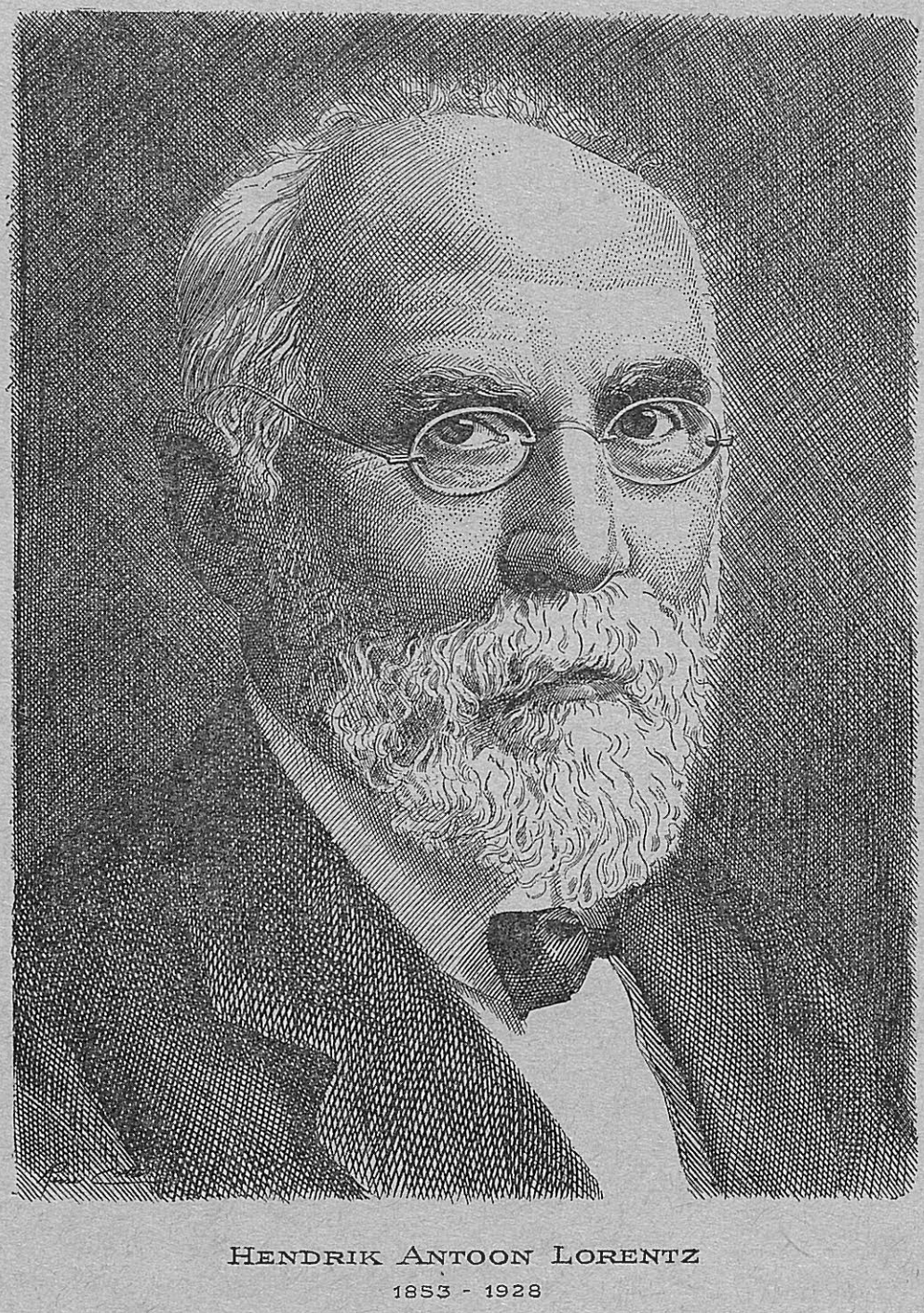
Acknowledgment is made to numerous sources of published information, to previously unpublished work of several manufacturing companies not mentioned by name and to the Bell Manufacturing Company of Antwerp for the description of their new system, and to the Engineer-in-Chief of the British Post Office for permission to publish the article.

T. H. Flowers.

H.A. Lorentz and the Bearing of his Work on Electromagnetic Telecommunication

by Prof. Balth. van der Pol

The choice of the great Dutch physicist, Hendrik Antoon Lorentz, to be the subject of this year's engraving [1] in the series of portraits of great men in telecommunication, issued by the International Telecommunication Union is, we feel, particularly appropriate, because 1953 is the centenary year of Lorentz's birth (18 July 1853).



HENDRIK ANTOON LORENTZ
1853 - 1928

The purpose of this note is to draw attention to Lorentz's personality and achievements and to the bearing of his work on the theory of electromagnetic telecommunication.

With one great exception, Lorentz never tackled any directly technical problem. His work concerned theoretical physics, and as such has many applications to electromagnetic telecommunication. Moreover much of it is so classical that, in modern times, one is apt to forget that he was the originator of several ideas which are of daily use in our communication technique.

When glancing over the long list of his publications, one is struck by the fact that he fertilized nearly all those parts of theoretical physics, which, in his lifetime, had reached a certain state of provisional maturity enabling them to be worked out theoretically. Thus we find many fundamental contributions from his pen in theoretical mechanics, thermo-dynamics, hydrodynamics, kinetic theory, theory of solid bodies, light, heat, and general wave propagation. But perhaps his main work concerned the electromagnetic field, the theory of electrons and relativity theory.

[1] A small size reproduction of the engraving, which will be produced towards the end of this year, appears above.

Lorentz, however, lived in an age which saw the beginnings of the quantum theory enunciated by Max Planck and the new theory of the atom elaborated by Niels Bohr. Although he was working within the framework of classical physics and both these theories were in violent contrast to classical views, Lorentz was one of the first to grasp their far-reaching importance and to realise the profound bearing they were destined to have on the future of theoretical physics.

It was his regular custom to communicate and expound these new ideas to his pupils in his famous lectures at 11 o'clock on Monday mornings at Leyden University. These lectures were of an exceptionally brilliant nature and their clarity proved his complete mastery of his subject. Among the audience in his small lecture-room other great physicists of his time, such as Ehrenfest, Einstein and many more were often present.

After expounding in these lectures the views of the originators of some new theories, he would often go on to point out the subtleties of the ideas or any slight inadequacy in the arguments used. And then, to use his own words, he would " turn the subject round and round and over and over ". Thus he often was able to shed on it some new light of his own. In the next lecture he would usually go on with the subject and hardly anybody among the audience became aware of the fact that all which followed was his own creative work, often prepared only a few days before.

Typical of Lorentz's genius was the great ease with which he could master physical subjects, even those, or particularly those, which, in his time, belonged to the most difficult part of theoretical physics. This unique gift is clearly shown in the way in which he used to read scientific articles which his students occasionally submitted to him for criticism before publication. The quickest way for him to respond to such a request was as follows : first he read the beginning of the paper, where the theoretical problem was expounded ; next, he took a piece of paper and solved the problem himself ; then he looked at the end of the article and if the solution was the same as his own he was fairly sure that the reasoning was sound.

His very great gift of elucidating complicated physical problems is also exemplified by the way in which he often responded to scientific questions put to him by his colleagues or pupils. Instead of answering them directly, it was his habit to repeat the question in such a sharp and concise form that the answer at once became evident.

At the beginning of this century Lorentz was universally regarded as the leading theoretical physicist of his time. No wonder that he was the Chairman " *par excellence* " of several international scientific congresses. Apart from his Dutch mother tongue, he completely mastered English, French and German. A characteristic feature of his chairmanship was that frequently after listening to a complicated scientific contribution by one of the members of the congress, he would summarise what had been said in such a brilliant and concise way that only at that *moment* did the subject become clear to the audience, including perhaps the very member who had made the contribution.

Lorentz was much admired by all great physicists of his time not only for his scientific achievements but also for his human qualities, especially his extreme honesty and modesty. I am allowed to quote here from an unpublished tribute to Lorentz which Albert Einstein wrote, a few weeks ago, on the occasion of the centenary of Lorentz's birth :

> " I often had an opportunity to attend H. A. Lorentz's lectures, which he regularly gave to a small circle of younger colleagues, after his retirement from his general professorship. Everything that emanated from this supremely great mind was as clear and beautiful as a good work of art ; and one had the impression that it all came out so easily and effortlessly—an impression such as I have never experienced from anyone else.
>
> " If we younger ones had known H. A. Lorentz only as a great luminary, our admiration and veneration for him would already have been of an extremely special kind. But what I feel when I think of H. A. Lorentz is not covered by a long way by that veneration alone. For me personally, he meant more than all the others I have met on my life's journey."

* * *

Lorentz's work and its bearing on the theory of electromagnetic telecommunication date back to his doctorate thesis, which he wrote at the age of 22. The subject is the theory of the reflection and refraction of light from the point of view of Maxwell's equations. Maxwell had shown that his equations proved the electric nature of light waves. However, at the time Lorentz wrote his thesis (1875) there were still several competing theories. Lorentz definitely concludes that :

> " On the basis of researches on the reflection and refraction of light, Maxwell's theory is to be preferred."

The formulae deduced there, at a time when there was no radio, form the basis of all subsequent work in radio on the reflection and refraction of electromagnetic waves, for instance by the earth.

Lorentz concludes his thesis with the following sentence :

> " Far from having taken final shape, Maxwell's theory still requires the elucidation of many obscure points of which only a quite inadequate explanation can be given at the present time. But one of the interesting aspects of any progress we make in our knowledge of nature is the fact that it clearly shows what remains to be achieved and points out the direction that should be taken by future research if it is to be successful."

These sentences, which are of a visionary nature, and which were written at the age of 22, contain the germ of most of his later work on the theory of electromagnetism.

The main difficulty actually left by Maxwell was the impossibility of explaining on the basis of his theory light spectra such as those emitted by several

chemical substances. It is here that Lorentz penetrated the problem and tried to clarify matters. In Maxwell's time, what we now call the dielectric constant and magnetic permeability were regarded as overall properties of matter that could be measured statically or with slowly varying fields. But no insight into the reason why different substances showed different constants was available and why these " constants " varied so much with the frequency of the waves. It is here that Lorentz postulated as early as 1878 the idea that the propagation of electromagnetic waves through ponderable matter was governed by small electrically charged particles in the substances. Lorentz subsequently worked out this fundamental idea in all its details and thus created the *theory of electrons*. He did this originally with a view to a better understanding of how short light-waves are propagated through ponderable matter. However, these theoretical results also clarified many properties of longer electromagnetic waves such as are nowadays used in radio communication.

For instance, the forces in an electromagnetic field acting on electrons, and therefore their motions, were fully worked out and crystallised in a set of mathematical equations which can be considered to be a development and elaboration of Maxwell's equations : e.g. the force acting on an electron moving in a constant magnetic field could be calculated. These formulae still form the basis of the working of modern magnetrons as used in radar and other short-wave communications; and also of modern cyclotrons which are used extensively for nuclear research.

The idea that the mass of an electron is partially or wholly of an electromagnetic nature was also elaborated by Lorentz.

* * *

In Leyden in October 1896, Zeeman published the results of his experiments. He placed a light source, such as a sodium flame, in a strong magnetic field and found that the spectrum lines were slightly broadened or displaced, showing that the frequency of the emitted light had changed slightly on account of the presence of the magnetic field.

At the time of Zeeman's discovery, Lorentz had already completely developed his theory of electrons. Thus with the aid of his theory Lorentz could at once deduce from Zeeman's experiments the ratio e/m between the charge and the mass of the electrons vibrating in the sodium flame. This ratio was found to be of the order of 10^7 in C.G.S. units. He could also predict the state of polarization of the emitted light, which Zeeman immediately found confirmed.

In October 1897, another great physicist, Sir J. J. Thomson, in Cambridge, England, published the findings of his experiments where he reflected elementary particles produced in discharge tubes with the aid of electric and magnetic fields ; in this way he also obtained numerical values for the ratio of the mass and the charge of his particles. The fact that the ratio e/m found by J. J. Thomson was not far from the similar ratio which Lorentz's theory could deduce from Zeeman's experiment showed that these particles were probably identical in the two widely divergent experiments. Thus the electron was born. It can therefore be said that the electron was independently *invented* by Lorentz in Leyden and *discovered* by J. J. Thomson in Cambridge. All three physicists, Zeeman, Lorentz and Thomson were, a few years later, honoured with the Nobel prize.

The present author is perhaps the only living physicist who had the great privilege of working with both J. J. Thomson (from 1917 to 1919) in Cambridge and with H. A. Lorentz (1919-1922) in Haarlem. It would be very tempting to compare here the widely divergent personalities of these two great scientists. Thomson, on the one hand, designed his new experiments, I think, after an impulsive flash of inspiration. Lorentz, on the other hand, usually pondered long over his new ideas and their theoretical implications and he was only entirely satisfied if he could treat them from different aspects and use different methods all yielding the same result. Of course, along both lines, important progress may be achieved in science.

There are several outcomes of Lorentz's electron theory which have a direct bearing on modern radio technique. He showed in detail how to calculate the waves emitted from a harmonically oscillating electron free in space. The solution of this problem completely coincided with the theory which Hertz developed for an oscillating dipole, the current in Hertz's dipole being equivalent, according to Lorentz's theory of electrons, to the product of the charge of the electron and its speed. In both cases the same radiation resistance is obtained. It need hardly be stated here that this theory is at the base of all modern calculations of radiation from antennae.

There are two other parts of Lorentz's electron theory which have a bearing on *(a)* the modern theory of the ionosphere and *(b)* the atmosphere of the earth. When ponderable matter is brought into an electric field, if we wish to calculate the local electric field near one molecule, Lorentz showed that, in general, we also have to take into account the influence on this local field of the polarization of the neighbouring molecules. Thus he introduced a famous mathematical term in his theory of polarization. This term is, no doubt, needed in the case of crystals. However, later on, it was felt doubtful whether this term had also to be considered in the field produced by electromagnetic waves in the ionosphere. Thus in the physical literature between 1929 and 1934 extensive discussions took place about the necessity of introducing this term into the theory of the ionosphere. The latest conclusion (C. G. Darwin) is that this is *not* the case, in view of the physical circumstances in the ionosphere. On the other hand, Lorentz's theory of polarization does enable us to calculate the dielectric constant of a mixture of gases when their densities and dielectric

constants are known. A specific case is the atmosphere of the earth containing oxygen, nitrogen, and water vapour. Here Lorentz's theory should be applied and it is at the base of modern research on the propagation of waves through the lower atmosphere.

Again, in 1892, Lorentz introduced " retarded potentials ", which form the theoretical aspect of the fact that electromagnetic waves are propagated with the velocity of light. In the modern theory of the Laplace transform these retarded potentials appear quite naturally in the form of a " composition product ".

We also find in Lorentz's works a clear and sharp statement of the following reciprocity theorem for linear systems [1] :

> " If an electromotive force applied at a point P in the direction h produces in a point P' a current whose component in an arbitrarily chosen direction h' has the amplitude μ and the phase ν, an equal electromotive force acting at the point P' in the direction h' will produce a current in P, whose component in the direction h has exactly the same amplitude μ and the same phase ν."

This theorem is of a very wide generality. It has been applied with much success in practice for finding the optimum site of a radio transmitter to ensure that at two points, where it is difficult to provide a good service, optimum conditions may be obtained.

This certainly is the place to refer to one of Lorentz's latest papers where he develops a generalization of a little known remark, also of very general validity, by Oliver Heaviside [2], concerning electric networks. As I had occasion to conclude from many personal conversations, Lorentz had a great admiration for the work of Heaviside. Heaviside's theorem can be worded as follows :

> " Given a constant passive network at rest. If at time $t = 0$ suddenly a constant E.M.F. is applied to the network, in general transients will occur. After a long time, say $t = t_l$, the transients may be considered to have died down and a direct current only will in general be present in the network. This direct current (if there is any) will cause a Joulean heat dissipation at a constant rate per second. If we call W' the ' pseudo heat dissipation ' which would have occurred if the constant, final, current had been present all the time from $t = 0$ to $t = t_l$, Heaviside's remark is to the effect that, when the steady state has been reached, the total amount of work A done by the E.M.F. exceeds the ' pseudo heat dissipation ' (if there is any) by twice the excess of the electric energy U over the magnetic energy T, or :
>
> $$A - W' = 2\,(U - T) \quad .''$$

A remarkable consequence of this remarkable theorem is that a condenser can be charged from a D.C. source with an efficiency of 50 % only. As stated, Lorentz generalized this already general theorem of Heaviside so that it also became applicable to electrical systems with distributed capacitances and inductances. It is further of interest to note that in this paper, Lorentz introduced impressed *electric* as well as impressed *magnetic* forces into the Maxwellian equations. In ordinary circuit theory they correspond to an electromotive force and a current source respectively.

This summary of a part only of Lorentz's work would be incomplete without mentioning his important and very fundamental contribution to the special theory of relativity. All through his life he was greatly concerned with the problem of how light or other electromagnetic waves are propagated through a medium which is not at rest. Their behaviour is far different from, say, that of sound waves propagated through air in motion. The sound is propagated faster with the wind than against the wind. By analogy it could, therefore, be expected that a beam of light would travel faster in the direction of the motion of the earth than against the motion of the earth. What could be expected can be exemplified by the following experiment. Suppose we have a straight river. A ship, which develops a constant speed relative to the water, first goes from *a* to *b down-stream* and, when arrived at *b*, it at once turns round and goes back *up-stream* to *a*. It is simple to calculate that in such an experiment the duration of the total voyage will be influenced by the velocity of the stream. In fact it will take longer for the ship to make its up and down voyage when the river is flowing than when the water is stationary, because the period during which the ship loses time is somewhat longer than the period during which it gains time. When the velocity of the river is greater than the speed of the ship relative to the water, then the ship will never return at all.

In exactly the same way, the speed of light, it was thought, would be influenced by the motion of the earth through the ether, and it was for this reason that Michelson and Morley in Chicago carried out an experiment (1887) to test this hypothesis. The experiment was very delicate to perform and in order to prevent mechanical vibrations disturbing the apparatus, while the actual measurements were being made, all street cars in Chicago stopped for a while. The outcome of the experiment was most surprising : no difference in the speed of light in the two directions could be observed. Lorentz at once tackled the problem theoretically and the only conclusion he could arrive at was the bald one viz. that all matter moving with high velocity is slightly contracted in the direction of its motion. Thus the length of the measuring apparatus in the experiment also became somewhat smaller just in the right proportion to cancel exactly the increased travelling time. This now famous Lorentz contraction had also been independently suggested by Fitzgerald. But Lorentz went further. He postulated that all observable effects in a laboratory should be the same whether the laboratory is at rest or is, as a whole, moving with constant velocity through the ether. This led him to the famous Lorentz transformation, a set of mathematical equations which are at the basis of the whole theory of relativity.

---

[1] *H. A. Lorentz,* Proc. Acad. Amsterdam *7*, 401, 1905.

[2] *O. Heaviside,* Electrical Papers, II, 412 (London, 1892).

Minkowsky later on showed that the interpretation of these equations was simplified if time is considered as an imaginary fourth dimension in our three dimensional world. Then the Lorentz transformation could simply be interpreted as a rotation of the four dimensional system.

Shortly after Lorentz had given his Lorentz transformation, Einstein independently found the same equations. Einstein generalized them even further, making them applicable also to systems moving with a variable speed, whereas Lorentz originally considered systems moving with a constant speed only.

I need not quote here all the consequences of the theory of relativity, which entirely pervades theoretical physics. From this theory it follows, for instance, that the velocity of the radio waves emitted by an aeroplane, measured on the earth, is the same in the direction of flight as against it (although modern technique would be very well able to measure the Doppler effect of these waves). It also follows from the theory of relativity that, although aeroplanes may break the sound barrier, a light barrier will never be reached. Einstein postulated specifically that in no circumstances can any velocity relative to the ether be measured. This induced him to abolish the ether altogether. Lorentz however preferred to maintain the idea of the ether because he considered it helpful in visualising wave motions through it.

* * *

As stated in the beginning of this survey, there was only one case where Lorentz directly tackled a technical problem. It was when he was asked by the Dutch Government to investigate the effects on the water movements in the Zuider Zee if a dyke were constructed across its northern part with a view to draining it and thus gaining more land for the country. Here again he did not rely on any empirical hydro-technical laws but investigated the problem *ab initio*. The findings of a small governmental committee under his chairmanship were such that the large undertaking of draining a considerable part of the Zuider Zee could be started on the basis of Lorentz's calculations. Shortly before his death, on a special trip around the Zuider Zee, he was able to verify that his theoretical predictions were fully confirmed experimentally. It is also due to these calculations that, during the recent floods in Holland, a large part of the country, including the capital Amsterdam, was saved from even greater disaster.

In these calculations he had to take the frictional forces of the water as proportional to the square of the velocity, so that his differential equations became non-linear with all the complications involved. He solved the difficulty by introducing linear resistance terms of such a magnitude that the total dissipation during one period of the oscillation and for the given amplitude remained approximately the same. Similar mathematical methods are now also being used in non-linear mechanics and in the theory of non-linear electrical circuits, which may contain triodes, transistors or other non-linear circuit elements.

* * *

Lorentz, as a rule, disliked to give his view on philosophical problems outside his own domain of theoretical physics, in which he was one of the greatest geniuses. He was convinced that real progress in science is not achieved in international congresses but rather by the efforts of an individual in the loneliness of his study or his laboratory. In this connection, I may quote the following opening speech which Lorentz made in October 1911 to the first *Conseil de Physique Solvay* where discussions took place on the aspects of the then still new and mysterious quantum theory. He said :

" What will be the outcome of this assembly ? I would not venture to say, as I do not know what surprises are in store for us. But since it is wiser not to rely on such surprises, I consider it highly probable that we shall contribute but little to immediate progress. Progress in science is achieved more by individual effort than by the reflections of a congress or council and it is even quite possible that, while we are discussing a problem, some lonely scientist somewhere in the world is finding its solution." [1]

After a short illness, Lorentz died on 4 February 1928. At his grave P. Ehrenfest said :

" Read the writings of Lorentz, read his textbooks, and the image of a workroom rises before our eyes, a room with high windows through which a stimulating morning sun shines, and the master, who works there, uses his tools with great love. He prefers the simplest tool that is most suited for the aim in view, but also very rare and fine precision instruments are available arranged in nice order and ready to be used ; and everything is shining from the use of years and years.

" And because the master shows us with so much devotion which of his tools he got from Christiaan Huygens and which from Fresnel and which from other masters, we feel sure that many others of his ingenious tools he must have invented and constructed himself ; but he doesn't tell us, the master. The master in his room full of sun. The master with his dark eyes and his fine significant smile."

Although during the last twenty-five years physics has made enormous strides, opening up many new avenues, Lorentz's work will remain for all times a masterpiece of classical physics, much of which is still being applied daily in various branches of modern electromagnetic telecommunication technique.

Geneva,
19 August 1953. *Balth. van der Pol.*

---

[1] *Louis de Broglie :* Notice sur la vie et l'œuvre de Hendrik Antoon Lorentz. (Lecture faite en la séance annuelle des prix, du 10 décembre 1951.) Académie des Sciences (Paris).

BOOK REVIEW

Theorie des circuits électriques (Electric circuit theory), by H. Tropper, Lecturer at Queen Mary College, London. Translated from the English by S. Toumaniantz.[1]

This work gives a very clear description of modern methods of calculation in connection with electrical networks in the steady or in the transient state.

Its originality and interest result from a combination of simple mathematical notions with a thorough study of the physical significance of phenomena and of their correlation.

[1] A paper-backed 219-page octavo volume with numerous illustrations, published by Dunod, 12, rue Bonaparte, Paris, 6e (1953).

NOTES AND NEWS

Inter-American Radio Agreement, Washington, 1949.— The Secretary-General of the Union has been informed that the instrument of acceptance by the Republic of Haiti of the Inter-American Radio Agreement, signed in Washington on 9 July 1949, was deposited in the archives of the Government of the United States of America on 26 August 1953, and that the Agreement entered into force for Haiti on that date.

(Source : *Official communication*)

* * *

International Telephone Consultative Committee. — *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fernmeldetechnik,* in Backnang, has submitted a request to participate in the work of the CCIF. This request has been approved by the Administration of the Federal German Republic.

(Source : *Official communication*)

* * *

Centralizing Office for German Monitoring. — The tasks of the centralizing office for monitoring, referred to in the Radio Regulations, will henceforth be carried out throughout the Federal German Republic by the *Zentralbüro des Funkkontroll-Messdienstes* of the *Fernmeldetechnisches Zentralamt,* Darmstadt.

(Source : *Official communication*)

* * *

Change of designation of a Member of the Union. — The Portuguese Legation in Berne has informed the General Secretariat of the ITU that the designation " Portuguese Oversea Territories " has been changed to " Portuguese Oversea Provinces ".

(Source : *Official communication*)

* * *

Appointments and retirements. — *Iran.* — Mr. Farzanegan has been appointed Minister for PTT, and Mr. Houchang Samiy, engineer, will be acting as his assistant.

(Source : *Official communication*)

Federal Communications Commission. — Mr. Paul A. Walker, completing 38 consecutive years of public service in the regulatory field, retired on 30 June 1953, and was honoured by the FCC staff at a reception.

Mr. Walker, the only remaining " charter " FCC member, now 72 years old, began his service in the regulatory field in 1915 as counsel to the Oklahoma Corporation Commission. He was appointed by President Franklin D. Roosevelt to the Federal Communications Commission when it was established in 1934.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Distinction. — For outstanding contributions to the ocean cable transmission arts, and specifically for directing the development and design of electronic undersea repeaters, Mr. C. H. Cramer, assistant transmission research engineer, Western Union Telegraph Company, has been elected a Fellow in the American Institute of Electrical Engineers.

Mr. Cramer's scientific contributions are recorded in a number of AIEE Transactions papers. A recent one entitled " Submerged Repeaters for Long Submarine Telegraph Cables " won the second place in the Communication Division in 1951.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Telecommunication network. — By a decree of the Spanish Government dated 5 February 1953, the *Compañía Internacional de Radio Española, S.A.* took over, on 1 July 1953, the radio circuits in Spain (Madrid-Buenos Aires and Madrid-New York) previously operated by the *Sociedad Anónima Radio Argentina.*

On 1 January 1953 the former company assumed all the obligations and rights of the *Sociedad Anónima Radio Argentina.*

The change of ownership does not affect the routing indication for telegrams sent by circuits at present operated by the *Compañía Internacional de Radio Española,* for the old name " via Radiar " is retained.

— A direct radiotelegraph circuit was opened on 1 September 1953 between Lima (Peru) and Vienna.

— A direct radiotelephone circuit was opened on 18 August 1953 between Poona (India) and Nairobi (Kenya).

— A direct radiotelephone circuit was put into service on 21 September 1953 between Tokyo and Bangkok.

(Source : *Official communications*)

* * *

Extension of the Dial Telegraph System. — A new high-speed dial telegraph system for use by nine major airlines to provide a 60-second roundtrip message service for speeding interline reservations, has been put into operation in Chicago by the Western Union Telegraph Company.

With the new wire system, the first of its kind in the country, the operator at any airline can simply dial a single number to connect her with any other airline. She then types the request on a Western Union teleprinter. All the rest is automatic, the message flashing to the other airline at 75 words per minute. Since code letters replace key words, most messages are no longer than 10 letters, permitting transmission in seconds.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Microwave link. — The Peninsular Telephone Company, Tampa, Fla. became, on 6 July 1953, the first independent telephone company in the United States to put into operation a microwave link connecting with the nation-wide intertoll dialing system.

The microwave radio link providing 23 telephone channels extends between Peninsular's central offices in Tampa and Bartow, a distance of 40 miles, with one repeater station at Highland City.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Maritime Mobile Telephone Service. — The Radio Technical Commission for Marine Services, at the request of the Federal Communications Commission, has established a special committee to study the problem of providing worldwide common working frequencies for the maritime mobile telephone service in the 2,000-2,850 kc/s frequency band.

The RTCM report will be considered in setting up the U.S. position for the next international administrative radio conference, for which a date has not yet been assigned.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Telecommunication Services in Denmark. — As stated in the annual report by the Directorate of Danish Posts and Telegraphs for the financial year 1952-1953, telegraph traffic has diminished by 5%—principally in the inland service, where there has been a drop of 7.4%.

Telex has shown a considerable increase. The number of metering units used for telex communications in the inland service shows an increase of 29%, and there has been a 54% increase in the number of international telex communications.

In both the inland and the international services telephone traffic has increased. Calls on the inland trunk network show an increase of 7.6% ; outgoing international calls have increased by 7.7%, and incoming international calls by 9.1%. There has been an increase of 7.3% in the number of call units in the automatic service.

During the financial year the construction of several new post and telegraph buildings was started ; considerable alterations and extensions were made to other buildings.

The coaxial cable Denmark–Sweden was inaugurated in July 1952. The telex system has been extended to cope with the increase in the number of telex communications. Automatic operation of the State telephone network in South Jutland has also been extended.

There are 1071 telegraph offices, and the average number of persons per telegraph office is 4,100.

There are 97 exchanges in the local State telephone service in South Jutland.

During the last two financial years, income and expenditure in the postal and telegraph services was as follows :

	Income :	*Expenditure :* (in crowns)	*Surplus*
1952-1953	248,668,000	235,701,000	12,967,000
1951-1952	216,947,000	216,173,000	774,000

The increase in expenditure refers chiefly to staff, technical services, interest on capital and allowances for depreciation. About one-quarter of the income is from the telegraph, telephone and telex services.

Staff expenses amount to 165.3 million crowns, i.e. 70%.

(Source : *Official communication*)

* * *

Portuguese telecommunication services, 1952. — In 1952, there was a 3.9% drop in telegraph traffic. On the other hand, telephone calls increased by 11.8%, representing an increase of 5 013 400. Of these, 3 361 000 were local calls (+11.3%), and 1 710 000 trunk calls (+13.6%).

The recently introduced facilities for calls with oversea territories were used to an increasing extent. Traffic rose from 1800 to 7200 calls.

The railway telegraph service, being inadequately used, was abolished.

In order to trace shortcomings in the telephone system, a method of direct checking, by means of sample calls, from Lisbon, was introduced.

Further radiotelephone links with the outside world were established, thanks to the Companhia Portuguesa Rádio Marconi. Thus facilities were provided for the exchange of calls between Madeira and the islands Terceira, Faial and St. Maria ; between the Ile du Pic and the islands Terceira, St. Miguel, and St. Maria, and between the town of Goa and the continent and adjacent islands. Telephone relations were resumed with Finland.

A start was made with the publication of a list of subscribers in the national telephone network, to run to five volumes.

As regards equipment, mention should be made of the automatic equipment in the exchanges at Viana do Castelo (capacity : 800 subscribers), and Evora (1600). The manually-operated trunk exchanges at Setubal and Braga were replaced by automatic ones. The automatic network group of Figueira da Foz came into service and its capacity was increased from 720 to 1200 subscribers. In June, the underground telephone cable Porto-Braga, with 150 circuits between Porto and Famalicão, and 74 between Famalicão and Braga, was inaugurated. Another underground cable, with 74 circuits, was laid between Faro and Olhão.

All in all, 7981 new telephone sets, and 291 public telephone booths, were installed. 245 new places were connected to the network, making 1934 in all. Regional and trunk circuits were extended and 23 992 km. of circuit were laid.

(Source : *Official communication*)

* * *

Telephony in Nigeria. — With an area of 1 075 000 square kilometres and a population of 31 million inhabitants, this country had, at the end of March 1953, 92

telephone exchanges in operation, of which one was automatic. The number of subscribers connected to these exchanges were 8179 and 310 respectively.

In addition there were 114 public call-boxes. The number of inland trunk telephone circuits was 115.

During the financial year 1952-1953, 24 501 508 local calls were made, and 381 896 trunk calls were registered.

(Source : *Official communication*)

★★★

Broadcasting. — *Federal German Republic.* — By the middle of 1953, there were, in the Federal German Republic (including Western Berlin), more than 11.8 million broadcast listeners, and 2705 persons with television licenses.

(Source : *FTZ Fernmeldetechnische Zeitschrift*)

— *Israel.* — Broadcasting in Israel started in 1936, and experimental transmissions in 1932. There are now three services : two governmental (Kol Israel Broadcasting Service and " Caley Zahal "), and one semi-governmental (Kol Zion Laagolah).

The main service (Kol Israel) has two departments, of which one is technical and the other deals with programmes. Both depend on the Ministry of PTT and the Prime Minister, through the agency of the Director of Information. There are 115 persons in the technical department, and 175 in the programme department. Nearly 70 % of the programmes are recorded. There is no commercial broadcasting, and hitherto there has been no general legislation dealing with broadcast relays.

(Source : *EBU Information Bulletin*)

— *Switzerland.* — At the end of August, 1953, there were 1 142 018 radio receivers in Switzerland, of which 219 384 belonged to persons subscribing to the wire-relay system. There had been an increase of 22 176 receivers since 1 January 1953.

(Source : *Official communication*)

★★★

Swiss television.—Mr. Weber, Director General of PTT, speaking in his official capacity at the Radio and Television Exhibition, Zurich, said that efforts were being made in Switzerland to link that country to countries in the north and west of Europe.

Three years of experiments in Zurich will enable Switzerland to be linked to the European network, and will be followed by a regular television service covering the whole of Switzerland.

There is to be no interruption after the experimental period, and plans are now being made for a network to cover the whole of Switzerland. If experiments are favourable, some parts of the country will be linked to the Uetliberg transmitter during the experimental period itself.

Experiments hitherto made with technical equipment and with the range of the Uetliberg transmitter have been highly satisfactory. The transmissions effected have proved that even in a mountainous country such as Switzerland, television is entirely practicable, provided technical equipment is judiciously used.

Early this winter the Zurich studio will have the necessary mobile cameras for the filming of news reels. Since news reels constitute an essential part of television programmes, a special reporting van will be brought into service early in 1954. Mobile directed-beam equipment will provide the necessary electrical communications between this van and the transmitter. Such mobile equipment could of course also be used in relations with neighbouring countries, for the transit transmission of programmes.

Moreover, Switzerland will have, within a few months, a fixed radio relay link passing through Germany to France, Belgium, and the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

As a rule, no concessions will be granted for public reception of television. With technique as it is at present, television is unsuitable for reception in a large hall. Hence the programme provides for family reception. That will not, however, prevent the PTT Administration from granting temporary public reception licences on certain occasions and for special purposes. Nevertheless, a television licence in itself confers on its holder the right to demonstrate his set in public.

(Source : *Tribune de Genève*)

★★★

Amateur radio operators.—The American Radio Relay League, amateur radio operator organization, held its seventh national convention in Houston, Tex., on 10-12 July 1953. The discussions centered on distance communications, mobile radio utilization and the use of very high frequency radio facilities.

(Source : *Wire and Radio Communications*)

Calendar of recent and forthcoming conferences or meetings held under the auspices of the ITU

Date	*Title*	*Place*
1953	**International Telephone Consultative Committee (CCIF) :**	
30 September-7 October . . .	Permanent Maintenance Sub-Committee	Geneva
1-10 October . .	Study Group 4 (subscribers' apparatus)	
8-10 October . .	Study Group 5 (radiotelephone circuits)	
12-31 October . .	Study Group 3 (line transmission)	
22-24 October . .	Committee on international semi-automatic field trials (CEA)	
26-31 October . .	Study Group 8 (signalling and switching)	
3-11 November . .	Study Group 1 (protection of telephone circuits against disturbance)	
12-18 November .	Study Group 2 (protection of cable sheaths against corrosion)	
3 Sept.-9 October	**International Radio Consultative Committee (CCIR) :** Seventh Plenary Assembly	London
1954		
1 May	**ITU Administrative Council (9th session)**	Geneva
	International Telephone Consultative Comittee (CCIF) :	
Autumn	Seventeenth Plenary Assembly	Geneva

JOURNAL UIT

BOLETÍN DE TELECOMUNICACIONES

Publicado mensualmente
por la Secretaría General de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

SUSCRIPCIONES — Suscripción anual : Para todos los países 10 francos suizos • Precio del ejemplar 1,25 francos suizos
Toda petición de informes debe dirigirse a la Redacción: Palais Wilson - GINEBRA (Suiza) - Teléfono (022) 2 15 50
Cuenta de cheques postales : Genève I/50

SUMARIO — Nº 10 — OCTUBRE DE 1953

	Página
Empleo de aparatos electrónicos en las centrales telefónicas y posibilidades que ofrecen, por T. H. Flowers	148-161
H. A. Lorentz y la significación de su obra en las telecomunicaciones electromagnéticas, por el Prof. Balth. van der Pol	162-166
Noticia bibliográfica	167
Ecos y noticias	167-169
Calendario de las conferencias y reuniones de la UIT últimamente celebradas y futuras	170
Bibliografía	I-II
Publicaciones de la Secretaría General de la Unión	III-VI

Journal télégraphique (1869-1933)
57 volúmenes publicados

Boletín de Telecomunicaciones (desde 1934)
20º volumen

Las opiniones expresadas en los artículos del Boletín de Telecomunicaciones reflejan los puntos de vista personales de sus autores pero no necesariamente el criterio de la Unión.

Empleo de aparatos electrónicos en las centrales telefónicas y posibilidades que ofrecen

por T. H. Flowers

(Traducción)

Nadie ignora que el paso de la corriente eléctrica a través de gases a baja presión, los tubos termoiónicos, los tubos de rayos catódicos, los rectificadores y demás dispositivos calificados de electrónicos, han permitido, a medida que han sido descubiertos o inventados, obtener conmutadores y aparatos de mando eléctrico basados en nuevos principios. Aunque esta posibilidad pasó desapercibida al realizarse estos descubrimientos e invenciones, su empleo como aparatos de conmutación no tiene en sí nada de misterioso. Los conmutadores electromecánicos y electrónicos poseen propiedades fundamentales análogas ; dentro de límites definidos, se pueden reemplazar unos por otros. El par clásico de contactos de un relé puede ser sustituído por el cátodo y el ánodo de un triodo accionado por una tensión que actúa sobre su rejilla de control, poco más o menos como la corriente actúa sobre el relé al pasar por la bobina. Aun cuando puede ocurrir que la disposición de los circuitos no sea exactamente la misma, no es muy difícil obtener resultados equivalentes, tanto en esta forma como en las otras muchas que puede presentar la conmutación electromecánica. Por consiguiente, si puede hacerse que órganos electrónicos desempeñen papeles idénticos a los de los relés, servomotores, etc., resulta teóricamente posible la instalación de centrales parcial e incluso totalmente electrónicas, problema éste que ha despertado vivo interés entre los técnicos. Si bien en ciertos dominios la conmutación electrónica ha realizado rápidos progresos, por ejemplo, en la construcción de grandes máquinas de calcular automáticas, los registrados en la conmutación telefónica han sido más lentos a causa, sobre todo, de la competencia, en coste y rendimiento, con una técnica de conmutación electromagnética bien definida y eficaz. Hasta hace poco tiempo, sólo se recurría a los métodos electrónicos cuando la aplicación de otros más clásicos era demasiado difícil o imposible. Puede citarse como ejemplo el empleo de tubos de descarga de gas en el sistema Siemens-Halske y el de tubos de vacío con cátodo caliente en los sistemas de señalización por frecuencias vocales. Un tubo de descarga de gas tiene, antes de cada descarga, una impedancia más elevada que la del bobinado de cualquier relé prácticamente realizable ; de aquí que en el sistema Siemens-Halske se utilice un tubo de esta clase para liberar los aparatos situados a cada extremo de las líneas auxiliares.

En los sistemas de señalización por frecuencias vocales, se emplean tubos de vacío con cátodo caliente, por sus propiedades de amplificación. En efecto, en muchos casos, la potencia de las señales transmitidas, al llegar al extremo de una línea, es solamente de 10^{-5} vatios, potencia que hay que amplificar por lo menos cien veces para accionar los relés más sensibles. Como la electrónica se ha limitado a aplicaciones de esta clase, la parte de la telefonía en que ha ejercido su influencia es forzosamente reducida.

En las centrales telefónicas, el campo de actividad de la electrónica será mucho más vasto si se demuestra que los aparatos electrónicos pueden desempeñar en mejores condiciones las funciones que actualmente realizan los aparatos electromecánicos. No obstante, sería un error proceder a la sustitución pura y simple de los sistemas de conmutación electromecánica por otros electrónicos equivalentes. Las condiciones de empleo de los aparatos electromecánicos se han fijado en función de la velocidad a que pueden funcionar los conmutadores y con el fin de reducir en la mayor medida posible su movimiento, con lo que la usura y la conservación de las instalaciones se mantienen a un mínimo. Los conmutadores electrónicos pueden funcionar a velocidades mucho mayores, y su duración no depende en gran manera del número de veces que funcionan. Por lo tanto, a lo que debe tenderse es a obtener el mismo resultado de conjunto, pero no necesariamente por los mismos procedimientos de conmutación. El hecho de haberse comprendido esta diferencia, ha sugerido ya nuevas formas de realización de aparatos electrónicos de uso corriente, construídos según principios inadecuados para los conmutadores electromecánicos. Gracias a estos perfeccionamientos, parece indudable que se recurrirá cada vez más a los aparatos electrónicos en las centrales telefónicas. El papel que están llamados a desempeñar no puede todavía definirse con claridad, y sería imprudente hacer profecías. No obstante, si en el presente artículo nos limitáramos a describir las aplicaciones ya clásicas de estos aparatos en las centrales, no sólo sería brevísimo, sino además incompleto, ya que dejaríamos de exponer en él los verdaderos problemas y la manera como actualmente se tiende a resolverlos. Trataremos, pues, de señalar algunas de las posibilidades futuras de la electrónica al mismo tiempo que sus aplicaciones ya conocidas.

Conmutadores diodo electrónicos

Un diodo de vacío se comporta como un conmutador entre dos conductores conectados a sus dos electrodos, cuando se actuá sobre la polaridad de la tensión entre éstos haciéndola pasar de un valor positivo a un valor negativo, según se desee que el diodo deje o no pasar la corriente, es decir, según « conduzca » o « no conduzca ». La Figura 1 *b)* representa el esquema de un diodo clásico con cátodo caliente que desempeña el papel de conmutador. En la posición circuito abierto, la tensión ánodo-cátodo es negativa ; la corriente, por decirlo así, no pasa, y, con diodos de reducidísimas dimensiones, pueden soportarse tensiones hasta de 100 voltios. En estas condiciones, el conmutator constituye, de hecho, una gran resistencia en paralelo con muy débil capacidad ; en otros términos, sólo en corrientes de alta frecuencia se comporta el diodo de modo diferente a una franca interrupción del circuito. El conmutador se cierra cuando el potencial del anódo se hace positivo con relación al cátodo ; entonces, el circuito equivalente es, por ejemplo, el de una resistencia de 100 ohmios en serie con una fuerza electromotriz de 0,5 voltios, aproximadamente, en oposición a la fuerza electromotriz aplicada, con una capacidad de escaso valor en derivación sobre el conjunto.

La Figura 1 *a)* representa un relé, a los efectos de comparación. La potencia necesaria para que funcione este relé es de 0,1 a 1 vatio, y el contacto, en posición de cierre, ofrece una resistencia netamente inferior a 1 ohmio. La potencia necesaria para accionar el contacto es de 100 vatios o más ; la necesaria para interrumpir el diodo de la Figura 1 *b)*

Fig. 1 *(a-d)*. — Conmutadores diodo.
(Véase parte inglesa, página 149e.)

se halla limitada por las condiciones de funcionamiento de esta válvula. Cuando el diodo conduce, debe permitir el paso de la corriente de la señal por un circuito que comprenda una fuerza electromotriz correspondiente a la señal ; por consiguiente, debe pasar por el diodo una corriente permanente suficiente para que la superposición de la corriente de la señal no invierta la polaridad de la corriente total que lo atraviesa. Cuando el diodo no conduce, la tensión entre ánodo y cátodo debe ser lo suficientemente negativa para que la superposición de la fuerza electromotriz de la señal no invierta la polaridad de esta tensión. En la práctica, esto equivale a decir que la potencia que ha de aplicarse al diodo para que cumpla su misión de conmutación es superior a la de la señal que puede transmitirse por el conmutador ; lo mismo ocurre con todo dispositivo constituído por diodos, y es esto lo que, de hecho, les impide llegar a ser amplificadores de potencia.

Los diodos semiconductores forman una clase importante de conmutadores electrónicos, y comprenden rectificadores de óxido de cobre, selenio, germanio y silicio. Estos rectificadores se comportan como diodos de cátodo caliente, es decir, que la resistencia entre sus dos extremos pasa de un valor elevado, correspondiente a una tensión de cierta polaridad, a un valor reducido, cuando la polaridad se invierte, y viceversa. La ausencia de un cátodo constantemente calentado es muy ventajosa, pero un rectificador de esta naturaleza no siempre puede reemplazar de modo satisfactorio a un diodo de cátodo caliente, ya que la relación entre su impedancia elevada (posición « abierto ») y su impedancia débil (posición « cerrado ») no es tan grande como para el diodo de que se trata. Los valores de las impedancias en las posiciones « abierto » y « cerrado » son muy diversos, según el tipo y dimensiones de los rectificadores (véase la Figura 1 *c)*), pero la relación entre estas impedancias es siempre, poco más o menos, del orden de 1000.

El diodo de cátodo frío y atmósfera gaseosa, que se representa en la Figura 1 *d)* ,deja pasar la corriente cuando su tensión anódica, positiva con relación al cátodo, excede de cierto valor crítico. La descarga producida en el tubo va acompañada en el cátodo de un fulgor visible, de tal modo que el comienzo y el fin de una descarga suelen llamarse a menudo encendido y extinción del tubo. Una vez iniciada una descarga, ésta se mantiene con una tensión más débil. De hecho, si la tensión no baja, el tubo se estropea ; de ahí que el tubo tenga que protegerse por medio de resistencias en serie. Otra consecuencia es la de que una ligera variación de tensión, cuando el tubo está encendido, produce una importante variación de intensidad ; de ahí que la resistencia efectiva del tubo sea débil y que incluso pueda, en ciertas condiciones, ser negativa, esto es, que un aumento de intensidad disminuya la tensión. Para detener la descarga, hay que llevar la tensión entre ánodo y cátodo por debajo de un segundo valor crítico, y mantenerla así durante un tiempo que se llama tiempo de desionización ; tal es el principal factor que limita la rapidez con la que el tubo puede conmutar. En la Figura 1 *d)* se indican las características de un tubo de gas. Contrariamente a lo que sucede con los diodos de vacío, rectificadores, antes descritos, que pasan bruscamente de la conducción a la no conducción cuando su tensión de ánodo pasa de un valor positivo a otro negativo, y que vuelven a su estado primitivo, la conmutación por medio de un tubo de gas depende de las dos tensiones críticas positivas antes indicadas ; además, existe también conducción cuando entre ánodo y cátodo se aplica una tensión negativa suficientemente elevada.

Quizás no sea fácil ver que los diodos de la Figura 1 pueden utilizarse como conmutadores, de igual modo, por ejemplo, que los relés. Por ello en la Figura 2 se reproducen, para poder compararlos, en *a)*, el circuito clásico de relé de línea y de corte, y en *b)* el circuito equivalente provisto de un diodo del sistema Rotary 7E. En la Figura 2 *a)*, cuando el

Fig. 2. — *(a)* Circuito buscador de línea ; *(b)* Circuito buscador de línea equivalente que utiliza rectificadores como relés.
(Véase parte inglesa, página 150e.)

bucle constituído por los hilos de línea A y B está cerrado, el relé L funciona ; uno de sus contactos hace funcionar un relé ST, común para gran número de relés L. El funcionamiento del relé ST pone en marcha un buscador rotativo de línea LF, y cuando éste llega a la posición de línea solicitante, el relé K es atraído gracias al hilo C y hace que L vuelva al estado de reposo. En la Figura 2 *b)*, cada línea está conectada a un circuito con resistencias R1, R2, R3, y un rectificador WR. El montaje está hecho de tal suerte que cuando el bucle no se halla cerrado, la polaridad de la tensión en los bornes del rectificador hace a éste equivalente a una interrupción franca del circuito, y cuando se halla cerrado, el cambio de polaridad hace al rectificador equivalente a una débil resistencia, y el relé ST funciona. Un buscador de línea que llegue a la posición de línea solicitante sitúa un potencial negativo (batería) en el hilo C, con lo que se invierte una vez más la polaridad del rectificador y queda interrumpida la búsqueda. Es indispensable que las resistencias R1, R2, R3 sean grandes para evitar el debilitamiento excesivo del circuito de conversación. De ahí la necesidad de que el relé ST sea lo bastante sensible para que pueda responder a la débil corriente de funcionamiento que recibe, única diferencia real que existe entre los dos montajes.

Conmutadores electrónicos más complicados

El conmutador de dos electrodos accionado por un cambio de la tensión en sus bornes es un aparato sencillo, pero de aplicaciones limitadas. Estas son más útiles y vastas con conmutadores en los que la corriente de electrones entre un cátodo y un ánodo obedece a un sistema diferente al de cambio de la tensión entre este ánodo y este cátodo. La operación de conmutación que estos órganos efectúan se debe, generalmente, a una variación de la corriente de electrones que modifica la tensión en los bornes de una impedancia situada en el circuito ánodo-cátodo, inversamente a lo que ocurre en un diodo, en donde el cambio de la corriente del ánodo al cátodo se produce por una variación de tensión. Algunos tipos de conmutadores se representan en la Figura 3 por los símbolos generalmente utilizados a este efecto. Como ejemplo, también se indican en dicha Figura 3 los valores de la tensión de mando a la entrada, tensión a la salida y variaciones de intensidad correspondientes a los aparatos considerados.

La Figura 3 *a)* representa un tubo de vacío con cátodo caliente, llamado triodo, en el que el potencial

Fig. 3 *(a-d)*. — Conmutadores triodo.
(Véase parte inglesa, página 151e.)

del ánodo es siempre positivo con relación al del cátodo y la corriente entre estos dos electrodos está controlada por un tercer electrodo, la rejilla de control, situada entre los dos primeros. Si el potencial de rejilla es aproximadamente el mismo que el del cátodo, la corriente circula como en el diodo con tensión de ánodo positiva ; pero si el potencial de rejilla es claramente negativo con relación al cátodo, la corriente se interrumpe. La rejilla permite, pues, controlar permanentemente la corriente ánodo-cátodo, sin absorción, por decirlo así, de potencia. Para conmutadores que reúnen propiedades especiales se emplean frecuentemente montajes más complicados, con rejillas suplementarias entre el ánodo y el cátodo, pero no podemos en este artículo entrar en el examen de estos dispositivos. Un montaje interesante realizado con tubos de cátodo caliente es el circuito basculador (Figura 4), en el que el ánodo de cada tubo está acoplado a la rejilla de control del otro. Este circuito se forma siempre por sí mismo de tal modo que uno de los tubos es conductor entre ánodo y cátodo, y el otro no ; hay dos posiciones de equilibrio que reúnen estas condiciones, pudiendo colocarse el circuito en una u otra por medio, por ejemplo, de un impulso positivo aplicado por un rectificador a una de las rejillas de control.

Fig. 4. — Circuito basculador de tubo de vacío.
(Véase parte inglesa, página 151e.)

Aunque los tubos de cátodo caliente utilizados como conmutadores tienen usos muy extendidos, son de acción rápida y pueden suministrar elevadas potencias de salida, se evita su empleo lo más posible por el consumo permanente de energía que supone el calentamiento de los cátodos.

El transistrón [1] semiconductor de tres electrodos que se reproduce en la Figura 3 *b)* tiene por electrodos un transmisor *e*, una base *b* y un colector *c*, y funciona casi como un tubo de vacío de tres electrodos. Las diferencias principales consisten en que funciona con tensiones más bajas y en que la variación de la corriente entre dos de los electrodos, la base y el colector, se halla controlada más bien por la corriente aplicada al tercero, el transmisor, que por la tensión. La potencia aplicada al circuito del transmisor puede controlar una potencia más elevada en el circuito del colector. Existen dos tipos de transistrones, el transistrón de puntas y el transistrón juntura. En el primero, el transmisor y el colector están constituídos por puntas de contacto muy finas que se apoyan en la base ; aunque, en general, la base consiste en un simple cristal de germanio, es posible utilizar otros cuerpos. Las características de funcionamiento indicadas en la Figura 3 *b)* corresponden a un transistrón de puntas de germanio. El transistrón juntura consiste en un cristal — germanio generalmente — a cuyas secciones se han añadido en cantidad ínfima otros elementos ; la sección central, que constituye la base, tiene un espesor de sólo 0,05 mm. Una de las características del transistrón de puntas es la de que una variación de corriente en el circuito transmisor-base se traduce, cuales-

[1] Véanse los artículos sobre el transistrón publicados en los núms. 9 y 10 (septiembre y octubre de 1952) del *Boletín de Telecomunicaciones*.

quiera que sean las condiciones de funcionamiento, en una variación mayor de corriente en el circuito colector-base. Esto conduce al circuito basculador simple representado en la Figura 5. El circuito se

Fig. 5. — Circuito basculador de transistrón de puntas.
(Véase parte inglesa, página 151e.)

mantiene por sí mismo en uno u otro de los dos estados, aquel en que el transmisor es negativo con relación a la base (caso éste en el que por los circuitos del transmisor y del colector sólo pasan débiles corrientes), y aquel en que el transmisor es positivo con relación a la base (cuando las corrientes que pasan por los dos circuitos son relativamente intensas). Puede ponerse al circuito en el primer estado aplicando a la base un impulso positivo, y, en el segundo, por medio de un impulso de polaridad opuesta. Las tensiones en el transmisor y en el colector no tienen que exceder en modo alguno de 1 y 10 voltios respectivamente, y las corrientes no deben ser superiores, en principio, a unos miliamperios, lo que permite economizar una cantidad apreciable de energía con relación a los tubos electrónicos.

El triodo de gas de la Figura 3 *c)* está provisto de un electrodo de gatillo *t*, más próximo al cátodo que el ánodo. Para iniciar una descarga entre el electrodo de gatillo y el cátodo, basta con una tensión más baja que la que por sí misma produce una descarga entre el ánodo y el cátodo. Este comienzo de descarga entre el electrodo de gatillo y el cátodo provoca la descarga entre el ánodo y el cátodo sin necesidad de acción alguna ulterior en el circuito del ánodo. Una vez provocadas, estas descargas se comportan como las corrientes en un diodo, y sólo puede hacérselas cesar reduciendo las tensiones a valores inferiores a los valores críticos. El circuito del ánodo puede controlar una potencia muy superior a la que necesita el electrodo de gatillo para provocar la descarga. En el sistema Rotary 7E, la amplificación de potencia proporcionada por un tubo de gas se utiliza para multiplicar la potencia transmitida al relé ST del circuito de la Figura 2 *b)* ; en esta propiedad se fundan otras muchas aplicaciones en materia de conmutación. Un tubo único con una resistencia anódica y una fuente de energía constituye un circuito basculador de dos estados naturalmente estables, uno con corriente y otro sin ella. Sin embargo, para pasar del primero al segundo de estos estados, se necesita una potencia elevada, para la que, por regla general, suele preverse un segundo tubo. Esto nos lleva al esquema de la figura 6, en el que gran número de tubos están conectados en paralelo ; el encendido de cualquiera de los tubos por su electrodo de gatillo produce la extinción inmediata de cualquier otro por el que en ese momento circule una corriente. De este modo se obtiene el equivalente de un conmutador de posiciones múltiples.

Fig. 6. — Circuito basculador de tubo de gas de posiciones múltiples.
(Véase parte inglesa, página 152e.)

La Figura 3 *d)* representa un conmutador electrónico de cátodo caliente en el que el control se efectuá por desviación de un haz electrónico. La estructura de este conmutador se asemeja mucho a la de un tubo de rayos catódicos. La tensión aplicada a las dos placas de desviación DD actúa sobre el haz de modo que éste encuentre un electrodo de salida o no lo encuentre. Cuando el haz llega a un electrodo, circula una corriente entre el cátodo y el electrodo. El montaje más generalmente adoptado comprende cierto número de electrodos de salida, diez o más, pudiendo dirigirse voluntariamente el haz sobre cualquiera de ellos. Un sistema de reacción entre los electrodos y las placas de desviación permite mantener el haz en contacto con un electrodo determinado sobre el que previamente ha sido dirigido. Tubos de esta clase pueden utilizarse como selectores electromecánicos unidireccionales, pero en la forma descrita no son adecuados para efectuar un servicio regular, ya que requieren tensiones elevadas y no producen sino haces electrónicos de débil intensidad. Por eso no se indica en la Figura 3 *d)* ninguna característica del funcionamiento de estos conmutadores.

Para cada uno de los cuatro tipos de conmutadores electrónicos anteriormente considerados, hemos descrito un dispositivo simple de autointerrupción del circuito. Con las modificaciones apropiadas, estos circuitos pueden funcionar no sólo como relés de autointerrupción sino también como contadores de impulsos y como conmutadores de posiciones múltiples de diversas clases.

Una corriente de electrones entre un cátodo frío y un ánodo puede también ser provocada y controlada por otros dos procedimientos bastante análogos, conocidos con los nombres de emisión secundaria y de fotoemisión. El primero consiste en bombardear un electrodo con electrones, generalmente por medio del haz de un tubo de rayos catódicos ; este electrodo emite entonces electrones llamados electrones secundarios, proporcionalmente a la corriente incidente. Los electrones secundarios son atraídos a un colector, de tal modo que durante todo el tiempo que emplea el haz en llegar a su objetivo circula una corriente entre los dos electrodos. Este principio puede aplicarse al conmutador de la Figura 3 *d)*, haciéndolo de uso más práctico ; también se han construído con carácter experimental centralillas electrónicas en las que se utiliza este aparato como conmutador de base. En un dispositivo de fotoemisión, un cátodo especialmente construído emite electrones proporcionalmente a la cantidad de luz que recibe, de modo que se puede, o bien dejar pasar, o bien cortar casi por completo la corriente de ánodo encendiendo o apagando un haz luminoso. Fototransistrones cuyo funcionamiento se ajusta al principio indicado, asociados a fichas metálicas perforadas, permiten hoy construir registros-traductores en algunas de las centrales « crossbar » que posee el Bell System en los Estados Unidos. Un elemento de este equipo contiene una ficha por cada frase que ha de traducirse, y cada ficha 118 agujeros, los mismos para todas las fichas. Estas fichas, en número de un millar, se hallan colocadas

en un fichero de tal modo que se observen normalmente 118 hendiduras a través de la totalidad de las fichas ; la luz pasa por estas hendiduras, en cuyo extremo se encuentra un fototransistrón. En el borde inferior de cada ficha existe un corte que se ajusta a la frase a que corresponde la ficha, y descansa en las varillas de selección que constituyen la base del fichero. Cuando funciona el aparato, las varillas de selección se mueven según la frase que se trata de traducir y en virtud de la cual desciende ligeramente una sola ficha, aquella precisamente cuyo corte inferior corresponde a las varillas de selección en funcionamiento y, por consiguiente, a la frase que ha de traducirse. El descenso de una ficha apaga la luz que llega a todos los fototransistrones salvo a aquellos correspondientes a las fichas cuyos agujeros se prolongan hacia arriba. La emisión de estos fototransistrones se prosigue, pues, sin cambio alguno, disminuyendo la de los demás. Las modificaciones de la corriente emitida por los fototransistrones se amplifican por medio de otros transistrones y actúan así sobre tubos de descarga de gas con cátodo frío, los cuales, a su vez, hacen funcionar relés clásicos. Una combinación de los relés accionados por el descenso de una ficha efectúa la traducción de la frase de que se trata.

Algunas nociones generales de conmutación

Todo conmutador electromecánico puede considerarse constituído de tres partes : un elemento motor, un mecanismo y un conjunto de contactos. El elemento motor contiene, por lo menos, un electroimán por cuya bobina pasa y se interrumpe una corriente dando así un movimiento de báscula o de rotación a una armadura que hace funcionar el mecanismo. Este mecanismo une el elemento motor con los contactos. Puede ser sencillo, como un relé en el que el movimiento de la armadura hacia una u otra de sus dos posiciones se comunica directamente a los resortes de contacto ; existe, pues, de este modo, una relación simple entre la corriente en el bobinado y la posición de los contactos. El mecanismo puede ser también complicado, como en el conmutador Strowger que exige la cooperación de dos imanes, cada uno de los cuales puede ser accionado hasta diez veces para poner en contacto las escobillas con uno de los cien juegos del banco de contactos y mantenerlas en esta posición cuando se ha suprimido todo mando exterior del mecanismo. Los contactos de un conmutador electromecánico pueden estar cerrados o abiertos. Cuando están cerrados, no ofrecen, por decirlo así, resistencia alguna y, cuando están abiertos, ofrecen una impedancia casi infinita a la mayor parte de las corrientes telefónicas. Por último, estos conmutadores se acoplan y conectan entre sí de modos diversos para obtener los sistemas bien conocidos de todos los técnicos de la industria telefónica.

Después de la descripción que acabamos de hacer de las centrales automáticas, descripción que podrían hacer muchos ingenieros de teléfonos, los dispositivos electrónicos a los que se ha pasado revista, con sus características, en los párrafos precedentes, parecen tan distintos de los aparatos electromecánicos, que se hace a menudo difícil comprender cómo pueden realizarse las mismas operaciones de conmutación con ambas categorías de aparatos. Los ejemplos citados lo aclaran algo, pero serían necesarias otras muchas explicaciones. Esta dificultad puede salvarse describiendo una central automática a base de las funciones que en ella se realizan y no de los aparatos a tal efecto utilizados. En estas condiciones, es interesante examinar en qué medida todas las características de los conmutadores existentes son esenciales para desempeñar el papel que se les ha asignado. Esto nos lleva a comprender mejor las diversas formas en que los conmutadores electrónicos pueden, en ciertas condiciones, reemplazar a conmutadores de tipo electromecánico, y no en otras ; este examen, en cambio, no nos muestra cómo podrían utilizarse conmutadores electrónicos en condiciones en que no podrían utilizarse los conmutadores electromecánicos por ser el funcionamiento de éstos demasiado lento, porque se gastarían en seguida o por cualquier otra razón. Como este último aspecto del problema está siendo objeto de controversias, nos parece preferible remitirnos a la imaginación de los interesados, a quienes ayudaremos, no obstante, en cierto modo, describiendo algunos dispositivos electrónicos en vías de realización en las diversas ramas de la industria eléctrica.

Los órganos de una central automática entran en acción en el momento en que, habiéndose descolgado un microteléfono, se transmite un número marcándolo en un disco ; su intervención termina cuando se conectan los dos circuitos de conversación. Inmediatamente pueden distinguirse dos clases de operaciones de conmutación. Una, que suele llamarse « conmutación lógica », comprende la llamada y la liberación, el registro del número, la selección y cuantas operaciones contribuyen a determinar la conexión que habrá de establecerse por conducto de la central. La otra operación puede llamarse « conmutación de conexión » y consiste en establecer las conexiones entre los circuitos de conversación y de transmisión de señales.

Fig. 7. — Conmutador de conexión con relé.
(Véase parte inglesa, página 153e.)

La Figura 7 representa los contactos utilizados para la conmutación de conexión ; tal esquema se encuentra, en una u otra forma, en toda oficina conmutadora. Los circuitos 1 ó 2 pueden conectarse con el circuito 3 por los relés H 1 ó H 2. Los hilos A y B transportan las corrientes de conversación, y los contactos correspondientes son los contactos de conexión. A menos que la resistencia de estos contactos sea nula cuando estén cerrados, se disipa en ellos cierta parte de la potencia vocal. Aunque sea de lamentar, este hecho no es absolutamente inadmisible, ya que la atenuación, si su valor es constante, puede compensarse eventualmente por medio de

amplificadores. La condición más importante es la impedancia que presenten los contactos cuando se hallen abiertos ; en principio, esta impedancia debe ser infinita, pero el grado en que puede prescindirse de esta condición teórica depende del valor tolerable de la diafonía entre los circuitos 1, 2 y 3. Si se quiere evitar que la diafonía sea inteligible, la atenuación de diafonía debe ser muy elevada ; en otros términos, la impedancia de los contactos, cuando éstos se hallan abiertos, ha de ser muy alta. Dicho con más exactitud : ha de haber una gran diferencia entre la atenuación existente cuando se trata de conectar dos circuitos y cuando se trata de desconectarlos. Esto significa que si las conexiones se establecen por medio de contactos en serie, la relación entre las impedancias de estos contactos, según que éstos estén abiertos o cerrados, debe ser igual, por lo menos, a 10 000. Si esta relación es más pequeña se puede obtener la diferencia de atenuación necesaria por medio de algún artificio, como contactos en serie y en derivación, según demuestran las conexiones, representadas por líneas de puntos, de un contacto del relé H 1. Puede entonces imaginarse fácilmente la sustitución de los contactos por rectificadores, sustitución ya conocida en los circuitos de conmutación por medio de la voz ; por eso es por lo que en la Figura 8 los circuitos 1 y 2 están conectados o desconectados según que el potencial del punto P sea positivo o negativo con relación a la tierra. Por último, el hecho de que la característica esencial sea la diferencia entre la atenuación entre dos circuitos cuando están desconectados y cuando están conectados nos lleva a la idea, que más adelante desarrollaremos, de que la conexión entre dos circuitos puede efectuarse por uno cualquiera de los métodos corrientes de transmisión por amplificadores y por corrientes portadoras a las que, para controlar la transmisión, se superpone un sistema de conmutación lógica.

Fig. 8. — Conmutador de conexión con rectificador.
(Véase parte inglesa, página 154e.)

Los contactos de los hilos C de la Figura 7 son también contactos de conexión. Los relés H funcionan durante el establecimiento de una comunicación, y se mantienen en paralelo merced al hilo C hasta que quedan liberados. En este caso, los contactos transmiten una señal de mantenimiento, y no una de conversación. Las condiciones impuestas a los contactos C son análogas a las de los contactos A y B, aunque algo menos rigurosas.

Consideremos, como introducción a la conmutación lógica, las cuatro condiciones diferentes que a continuación se enumeran para el cómputo en la línea solicitante, suponiendo que ésta consta de un contador de abonado que funciona electromagnéticamente y que puede conectarse a otra línea, o línea solicitada, por intermedio de los órganos de la central :

a) El imán del contador del abonado debe estar alimentado durante todo el tiempo hasta que la línea solicitada llega a la posición de respuesta o de re-respuesta, liberándosele durante el resto del tiempo ;

b) La condición *a)* debe aplicarse entre las 6 de la mañana y medianoche ; entre medianoche y las 6 de la mañana, el contador del abonado no debe funcionar en absoluto ;

c) El imán del contador del abonado debe estar alimentado durante un segundo cada vez que la línea solicitada llega a la posición de respuesta o de re-respuesta, debiendo liberársele el resto del tiempo ;

d) El imán del contador del abonado debe estar alimentado durante un segundo la primera vez que la línea solicitada llega a la posición de respuesta, liberándosele durante el resto del tiempo.

Estas cuatro condiciones, así enunciadas, suponen y exigen la conversión en señales eléctricas de los movimientos de un abonado solicitado al descolgar y colgar su teléfono, movimientos que pueden repetirse varias veces en el curso del establecimiento de una llamada. El aparato que cambia la forma de las señales se llama « transductor ». En este caso se necesita un « transductor » que efectúe la conversión en el sentido mecánico-eléctrico ; el que se utiliza de ordinario está formado por el soporte del teléfono con su contacto para cerrar o abrir el bucle de los hilos de línea cuando el teléfono se descuelga o se cuelga. La condición enunciada en *a)* exige simplemente que las señales de descolgar y de colgar sean transmitidas por contactos de conexión como los del hilo C de la Figura 7 al bobinado del contador del abonado, de tal modo que este contador funcione bajo la acción de la señal producida al descolgar el aparato, y se libere bajo la acción de la señal producida al colgarlo. Esto se representa en la Figura 9 *a)* por medio de una línea interrumpida en

Fig. 9 *(a-f)*. — Ejemplos de conmutación lógica.
(Véase parte inglesa, página 155e.)

dos sitios para señalar los contactos de conexión. Este esquema no representa un sistema práctico, pero ilustra el más simple de los problemas de señalización : el de una relación lineal entre una causa y el efecto buscado. Sin embargo, la transmisión pura y simple al contador de la señal de descolgar el teléfono, no puede, en la práctica, dar satisfacción. Las señales de descolgar y de colgar son con frecuencia señales de doble corriente o de otra clase, y exigen una « transducción » antes de poder hacer funcionar un contador de corriente simple ; además, se necesita casi siempre amplificar en potencia la señal de descolgar para que el contador pueda funcionar. De ahí que la disposición más práctica sea la que se da en la Figura 9 *b)*, en la que se ha intercalado un relé entre el hilo receptor de la señal de descolgar y el contador. Hablando estrictamente, el relé no es un « conmutador lógico » ; en lógica, se parte de premisas dadas y se llega, utilizando un argumento, a una conclusión. Por analogía, la conmutación llamada

lógica parte de señales de entrada representativas de ciertas causas, que son las premisas ; llega a una conclusión que se traduce en forma de señal de salida, que representa el efecto que debe resultar de los datos iniciales ; la conmutación lógica es la que liga las causas a los efectos, constituyendo así el argumento que, aplicado a las premisas de la entrada, permite llegar a la conclusión deseada a la salida. Un conmutador lógico necesita, por lo menos, dos señales de entrada. Puesto que en la condición *a)* se estipula simplemente que las señales de entrada deben ser transmitidas a los órganos de salida, no se precisa ninguna conmutación lógica. El relé representado en la Figura 9 *a)* es un amplificador y, al mismo tiempo, un transductor que permite dar a la señal de descolgar una forma que conviene al funcionamiento del contador.

En *b)* se tienen también condiciones que probablemente no se presentarán en la práctica. Se trata de un procedimiento elemental para variar las condiciones de tarificación según la hora del día, y de un ejemplo también de conmutación lógica con dos datos iniciales, uno, la señal de descolgar, y otro, la señal de la hora. En la Figura 9 *c)* se da un ejemplo ; dos relés permiten responder a las condiciones planteadas. Estos dos relés no sólo aseguran la conmutación lógica necesaria sino también, en su caso, la amplificación de potencia y la transducción de la señal de salida en forma que conviene al funcionamiento del contador, lo mismo que el relé de la Figura 9 *b)*.

En la Figura 9 *d)* se representa una disposición de dos relés que responde a la condición *c)*. Estos dos relés son accionados por la señal de descolgar, sin retraso el relé P y con un retraso de un segundo el relé Q. La cuestión que inmediatamente se presenta es la siguiente : ¿Dónde se encuentran los dos datos iniciales que constituyen el mínimo necesario para la conmutación lógica ? La respuesta es que, en efecto, existe una señal de entrada para accionar el relé P y, un segundo después, otra señal de entrada que pone en funcionamiento el relé Q. Es evidente que la segunda señal puede deducirse de la primera haciendo simplemente intervenir, además, cierto retraso. El hecho de que el relé Q dé este retraso al mismo tiempo que realiza su función de conmutación, ilustra la forma en que están entremezclados los elementos de un sistema de conmutación. También puede apreciarse esto por el hecho de que el relé Q empieza a funcionar por conducto de un contacto del relé P, y no directamente por la acción de la señal de descolgar ; el relé P actúa pues como un amplificador para el relé Q.

En la Figura 9 *e)*, el relé Q actúa como un amplificador para un relé R que introduce en la conmutación una nueva función, la de la memoria. El relé R se acuerda de que se ha hecho una vez la señal de descolgar, e impide toda operación ulterior del contador del abonado, según exige la condición *d)* : de hecho, añade un tercer dato inicial de la conmutación lógica. Para muchas de las operaciones que se efectúan en una central, la expresión « operación de memoria » es más adecuada que la de « operación de conmutación » ; más adelante se trata de esta cuestión. Baste aquí con hacer observar que desde el punto de vista técnico la característica esencial de un dispositivo de memoria es la de que debe poseer más de un estado estable, término con el que se designa el estado en el que permanece el dispositivo cuando se suprimen algunas de las operaciones que le han conducido a él, y de preferencia todas las operaciones. El relé R permanece bien en reposo, bien en funcionamiento, en cuyo caso esa permanencia la asegura uno de sus propios contactos. Los conmutadores y selectores paso a paso Strowger poseen numerosos estados estables, correspondiente cada uno de ellos a una posición mecánica — debidamente bloqueada — de las escobillas.

De cuanto acabamos de decir de la conmutación lógica con relés, que también puede aplicarse a otros tipos de conmutadores electromecánicos, conviene retener que estos conmutadores, con su bobinado, su mecanismo y sus contactos, funcionan como amplificadores de señales, transductores, dispositivos de retraso y de memoria y conmutadores lógicos, pero la naturaleza misma de los conmutadores utilizados carece, de hecho, de real importancia. Con tal que el sistema pueda admitir las condiciones de entrada y obtenerse el resultado deseado en forma adecuada, carece de importancia que se utilicen elementos motores, mecanismos y contactos cuya impedancia varía de 0 al infinito, u órganos de características completamente diferentes. Aquí es donde se inicia la búsqueda de variantes en forma de aparatos electrónicos. La amplificación de las señales por medio de tales aparatos no presenta dificultades, y pueden evidentemente introducirse retrasos con ayuda de resistencias y de capacidades. Los circuitos basculadores con dos o más estados de equilibrio poseen las características esenciales de los dispositivos de memoria. Tampoco es difícil imaginarse la realización por medios electrónicos de la « transducción » de una a otra condición eléctrica. La conmutación lógica actualmente realizada por medio de cadenas de contactos no puede analizarse tan fácilmente en la forma electrónica ; pero este y otros aspectos peculiares de la conmutación lógica electrónica se ilustran en el ejemplo de la Figura 9 *f)*, en el que se utilizan dos amplificadores magnéticos en un circuito equivalente al de la Figura 9 *e)*. Cada uno de los amplificadores SR1 y SR2 tiene un núcleo magnético de dos bobinados, *p* y *s*. Cuando no hay corriente en el bobinado *p*, el bobinado *s* constituye una fuerte impedancia en la salida del generador G, dejando pasar solamente una corriente muy débil hacia los circuitos de utilización, conectados por medio del rectificador WR1 en el caso del amplificador SR1 y de los rectificadores WR2 y WR3 en el caso del amplificador SR2. Esta es la condición normal del aparato. Como la corriente en *p* excede de un valor crítico, el núcleo magnético se encuentra saturado, y el bobinado *s* no ofrece, por decirlo así, ninguna resistencia a la corriente del generador G. La señal de descolgar, al pasar a través de R1, provoca la saturación del núcleo de SR1, lo

que permite a la corriente pasar del generador al rectificador WR1 y al condensador C1, conjunto que funciona como un transductor de corriente alterna en corriente continua, y que produce una señal que conviene al control del contador. La señal de descolgar envía, por otra parte, una corriente al bobinado *p* del amplificador SR2 a través de la resistencia R2, pero el valor crítico que provoca la saturación del núcleo de SR2 se ve retardada en un segundo por el condensador C4. La corriente del generador G pasa entonces a través del bobinado *s* de SR2, siendo rectificada por los rectificadores WR2 y WR3. Por medio de la resistencia R4, vuelve a inyectarse la corriente rectificada por WR3 en el bobinado *p* de SR2 con tal intensidad que el núcleo de SR2 queda saturado aunque se reemplace la señal de descolgar por la señal de colgar. El amplificador SR2 queda bloqueado como el relé R de la Figura 9 *e)*. La corriente rectificada por WR2 se inyecta, a través de la resistencia R3, para anular el efecto de la señal de descolgar en el bobinado *p* del amplificador SR1 ; gracias al rectificador WR4, es prácticamente nula la corriente a través de este bobinado. El bobinado *s* del amplificador SR1 presenta, pues, de nuevo una fuerte resistencia, y no se envía ya corriente alguna hacia el contador.

Las nociones generales de conmutación que acabamos de exponer deberían casi bastar para saber cómo pueden concebirse los equivalentes electrónicos de los sistemas electromecánicos. Quizás se tenga aún alguna dificuldad para ver el equivalente de los conmutadores Strowger y de otros con múltiples estados de equilibrio. Para salvar esta dificultad se puede, primero, convertir los conmutadores en relés, a razón de un relé por cada estado de equilibrio, y reemplazar después cada relé por un tubo de gas, una válvula o un circuito basculador de transistrón. El resultado no dará seguramente un sistema que pueda competir con los demás en cuanto a precio de costo, pero puede servir para comprender mejor los problemas de que se trata y el por qué la aplicación de conmutadores electrónicos en las centrales se ha reducido a algunos elementos relativamente pequeños de conmutación lógica. Pero dejemos a un lado por el momento las cuestiones de precio, y supongamos que una gran parte o la totalidad de los órganos de una central son electrónicos. ¿Cuál es el rendimiento que de los aparatos electrónicos puede esperarse, con relación al de los tipos de aparatos actualmente en servicio ?

Comparación entre la conmutación electromecánica y la conmutación electrónica

Casi todos los defectos de los sistemas telefónicos electromagnéticos existentes pueden atribuirse a tres causas : malos contactos, desgaste de ciertas piezas, y conexiones defectuosas en el cableado. Vamos a describir primero estos defectos, y los defectos equivalentes en los sistemas electrónicos.

La certidumbre que puede tenerse de que los átomos de dos superficies conductoras pueden ponerse en contacto, depende del estado de dichas superficies. Si estas superficies se mantienen limpias de impurezas de poca conductividad, de polvo, grasa y otras sustancias transportadas por la atmósfera o producidas por el mecanismo que acciona los contactos, se obtiene un buen contacto al colocarse las dos superficies una contra otra. En la práctica se ha llegado a obtener algo parecido pero sin que hasta ahora se haya llegado a la perfección. Contactos acoplados, de empleo corriente con los relés, disminuyen a un valor ínfimo, pero no a cero, el peligro de los malos contactos. Se han construído contactos de metal purísimo y muy limpio, que se han colocado en un tubo de vidrio cerrado herméticamente y lleno de un gas inerte, accionados por un flujo magnético aplicado desde el exterior ; estos órganos pueden responder a las condiciones de un contacto perfecto, pero su elevado costo ha impedido hasta ahora la generalización de su empleo. El contacto así formado es de extraordinaria seguridad, pero existe el riesgo de que, a causa del reducidísimo valor de las fuerzas que se les aplica, superficies purísimas y perfectamente limpias den lugar al defecto opuesto, es decir, a que el contacto se pegue o se confunda y no se abra cuando se suprime la fuerza de control.

El conmutador electrónico no tiene superficie alguna en contacto con la atmósfera y, por consiguiente, no ofrece las dificultades que esta causa origina. En cambio, su funcionamiento regular y continuo depende de la estabilidad del estado físico y químico de sus órganos internos, estabilidad que está lejos de ser peculiar de los dispositivos electrónicos. El funcionamiento eficaz de muchos de ellos depende incluso de modificaciones provocadas por un proceso de formación que se presenta después de la fabricación y cierre del tubo. Esto se aplica a los diodos de emisión fría, a los transistrones de puntas y a las válvulas de cátodo caliente, cuyos cátodos están recubiertos de óxido de bario o de alguna otra sustancia con el fin de aumentar su poder de emisión. Estos procesos no siempre es posible detenerlos en el momento deseado e impedir que sigan manifestándose lentamente durante la vida del conmutador. Los aparatos constituídos por electrodos en el vacío o en un recinto gaseoso están sujetos a otras modificaciones, causadas por fenómenos de absorción o de paso de pequeñísimas cantidades de gas por uno y otro lado de las superficies de vidrio y de metal, y también por pérdidas de materia en una superficie objeto de un bombardeo iónico, cuyos restos van a depositarse a otros sitios. El bombardeo iónico del cátodo, indispensable para el funcionamiento de un tubo de cátodo frío con descarga de gas, tiende a destruir la camisa de que suele revestirse al cátodo con el fin de facilitar la producción de electrones por el bombardeo. A pesar de las numerosas dificultades que es menester salvar, se han realizado señalados progresos en el sentido de la comprensión y perfeccionamiento de la estabilidad y características de los órganos electrónicos. Se han construído tubos de cátodo caliente muy eficaces y de duración indefinida con fines especiales ; por ejemplo, para repetidores instalados

en cables sumergidos permanentemente en el océano. Una construcción esmerada hace durar mucho tiempo los tubos de gas ; al propio tiempo, las corrientes de descarga se limitan a valores pequeños para preservar el cátodo. La estabilidad de las características de los órganos semiconductores está estrechamente ligada también a la densidad de corriente ; de hecho, si el desprendimiento de calor sigue siendo bastante débil, no existe ningún motivo evidente de deterioro. Conviene hacer constar que aunque el deterioro interno de un conmutador electrónico sea equivalente, en algunos aspectos, a los malos contactos de los conmutadores electromecánicos, la inminencia de perturbaciones debidas a este deterioro puede descubrirse por medio de simples ensayos corrientes, en tanto que los defectos de los contactos, fenómeno aleatorio en gran medida, son imprevisibles.

El funcionamiento de un conmutador electromecánico implica el movimiento de un elemento motor y de un mecanismo. Este movimiento entraña desgaste y, por consiguiente, trabajos de mantenencia para efectuar reajustes y cambiar las piezas usadas. El problema que se plantea es el de construir un sistema y aparatos compatibles con las características de los materiales disponibles y con el precio de coste que puede sufragar el servicio telefónico. En este aspecto, no es difícil hacer durar cuarenta años y más, con gastos de conservación muy reducidos, la mayor parte de los órganos de las centrales. Pero donde tendrán empleo los aparatos electrónicos es allí donde la vida de los órganos de los conmutadores electromecánicos es corta y cara. Los conmutadores electrónicos no están sujetos a desgaste alguno, puesto que su funcionamiento no exige ningún movimiento mecánico ; pero sí puede, sin embargo, encontrarse un efecto equivalente. El flujo de electrones en el interior de un conmutador electrónico entra en acción en virtud de una variación de intensidad o de tensión provocada fuera de este conmutador por corrientes que atraviesan resistencias, capacidades e inducciones. Ahora bien, las modificaciones de estos órganos por efecto del tiempo y del uso entrañan variaciones en las condiciones de mando de los conmutadores, y éstos dejan de funcionar cuando tales variaciones pasan de ciertos límites ; lo que equivale, en suma, al desgaste de un dispositivo electromecánico. Aunque el resultado es el mismo que el del desgaste, la causa es casi — y acaso a veces — absolutamente independiente del número de veces que haya funcionado el conmutador electrónico. Hoy día las resistencias y las capacidades de gran estabilidad tienen un precio elevado. Aunque la estabilidad y el grado de precisión de las resistencias y capacidades baratas, fabricadas en serie, son suficientes para la mayor parte de las aplicaciones industriales cuando las instalaciones comprenden como máximo unos centenares de estas piezas, no ocurre lo mismo cuando se trata del empleo de decenas de miles en las centrales telefónicas. La proporción anual de averías, debidas en su mayor parte a rupturas de conexión, es actualmente de una milésima de las piezas utilizadas, proporción que habrá de mejorarse diez veces, por lo menos, para que el costo de localización y sustitución de las piezas defectuosas llegue a ser suficientemente bajo. Se trata, sobre todo, de un problema de fabricación, de producción de piezas sueltas que no pierdan con el tiempo precisión ni estabilidad y que, al mismo tiempo, sean baratas. Este mismo problema se le plantea al conjunto de la industria electrónica, y, aunque no sea más que por esta razón, es de esperar que se harán toda clase de esfuerzos para resolverlo. La simplicidad inherente a las piezas consideradas nos incita a creer que en lo porvenir el empleo de estas piezas ha de ser suficientemente seguro.

Un problema muy importante es el de las conexiones defectuosas en el cableado de todo equipo telefónico automático. Existe inevitablemente gran número de conexiones permanentes entre los hilos y los contactos de un relé, en los portalámparas, etc. Una fracción ínfima de estas conexiones, mal hechas en general a consecuencia de una mala soldadura, puede ser fuente de perturbaciones desproporcionadas y constantes durante toda la existencia de la central. Estas perturbaciones son desproporcionadas porque cada conversación que pasa por la central depende de numerosas conexiones de hilos, y, si cualquiera de estas conexiones es defectuosa, compromete la conversación ; son, además, constantes porque las conexiones defectuosas se manifiestan casualmente durante toda la existencia de la central, en tanto que las vibraciones, la corrosión de las superficies expuestas u otros fenómenos, transforman las conexiones en resistencias elevadas. Las conexiones defectuosas son objeto de estudio desde hace mucho tiempo. Los Bell Telephone Laboratories han ideado un método de fabricación de conexiones en el que los hilos se enrollan en un contacto rectangular seccionado ; parece que este método dará la solución del problema.

Puede decirse, en resumen, que el equipo electrónico no ofrece, por el momento, ventajas señaladas sobre el equipo electromecánico en lo que concierne a los defectos equivalentes a malos contactos y a desgaste de las piezas, pero no es imposible que estas ventajas vayan manifestándose a medida que transcurra el tiempo. Las conexiones defectuosas del cableado de los aparatos de todas clases habrían de desaparecer en lo futuro como causa de perturbaciones.

La rotura de piezas ha dejado, por decirlo así, de ser causa de avería en las centrales electromecánicas, fase ésta a la que todavía no se ha llegado con los aparatos electrónicos. La rotura de los envolventes de vidrio, de las soldaduras entre los electrodos y su soporte u otros defectos análogos siguen produciéndose con la frecuencia suficiente para constituir un problema, aunque no de gran importancia, ya que estos accidentes se manifiestan, en general, poco después de que los aparatos entran en servicio y de tal manera que su localización no es difícil. También en este caso es lógico esperar que se realicen progresos a medida que vayan perfeccionándose los métodos de fabricación.

La diferencia más importante entre los conmutadores electrónicos y los electromecánicos reside probablemente en las velocidades de conmutación que cada uno de estos aparatos puede desarrollar. No es difícil fabricar conmutadores electrónicos que conmuten 1000 veces más de prisa que los más rápidos conmutadores electromecánicos. Este hecho, que se añade al de que la duración de un conmutador electrónico apenas si depende del número de veces que ha funcionado, abre camino a nuevos modos de funcionamiento de los aparatos de las centrales, de los que más adelante daremos algunos ejemplos.

Una comparación interesante entre los dos modos de conmutación que analizamos es la de la potencia total que para funcionar consume una central telefónica. La suma de las potencias vocales máximas de todas las conversaciones que pasan por una central en cualquier momento raramente excede de 1 vatio. Es evidente que un conmutador electrónico debe absorber continuamente, tanto en la posición « abierto » como en la de « cerrado », una potencia igual por lo menos a la potencia que conmuta. De ordinario, la relación entre la potencia absorbida y la potencia conmutada, dictada por consideraciones de orden práctico, es mucho mayor que la unidad, pero aun siendo así es evidente que no es imposible que en lo porvenir se llegue a la construcción de centrales de muy pequeño consumo de potencia. En la actualidad, los aparatos de conmutación se hallan concentrados en edificios y reunidos en grupos de bastante importancia por dos razones principales : la alimentación en energía, y la facilidad de acceso para la conservación. Aparatos que no requiriesen cuidados especiales y a los que bastase una potencia tan pequeña que fuera fácil suministrarla por la misma red de transmisión telefónica, ofrecerían la posibilidad de descentralizar la conmutación, lo que tiene gran importancia desde el punto de vista económico y permite ver que las dos condiciones esenciales indicadas podrán realizarse perfectamente a medida que la electrónica se desarrolle.

La electrónica en las centrales : los aparatos actualmente utilizados y en proyecto

Hemos dicho antes que, en la práctica, se han introducido ya los tubos de gas y los fototransistrones como elementos de órganos de conmutación en instalaciones esencialmente electromecánicas. La etapa que ahora ha de franquearse consiste en poner en servicio aparatos electrónicos completos. Que nos hallamos ya en esta etapa lo demuestran dos perfeccionamientos que vamos a describir.

El Post Office del Reino Unido, en las grandes zonas telefónicas metropolitanas, utiliza el sistema « Director », consistente en el empleo de conmutadores Strowger accionados por registros-traductores llamados « directores ». El director recibe seis cifras marcadas en el disco ; convierte las dos primeras en cifras de encaminamiento, que se transmiten a los conmutadores en forma de impulsos y que pueden comprender hasta seis cifras, repitiendo luego, sin cambio alguno, las cuatro últimas cifras recibidas. Algunos de estos directores, en funcionamiento desde mayo de 1952 en la central de Richmond (Londres), son enteramente electrónicos, salvo algunos relés necesarios para conectar el conmutador electrónico al conmutador electromecánico existente. Los directores electrónicos se dividen en dos partes : por un lado, los registros, y, por otro, un traductor común a un grupo de registros. Cada una de las seis cifras recibidas en el registro queda almacenada en una cadena de once tubos de descarga de gas. Un distribuidor de cifras acciona sucesivamente el encendido de los primeros tubos de estas cadenas a medida que se recibe cada cifra. Los impulsos correspondientes a una cifra se dirigen hacia la cadena de la que se enciende el primer tubo cuando la cifra comienza, y cada impulso hace que se encienda el tubo de la cadena que inmediatamente sigue, comenzando por el primer tubo. El traductor está provisto de una serie de tubos de gas en número de 100, cada uno de los cuales corresponde a uno de los números formados por las dos primeras cifras de los números que pueden almacenarse en los registros. En la serie siempre hay un tubo, uno sólo, que se enciende, y la luz pasa de uno a otro tubo a razón de 90 veces por segundo. El registro que ha recibido dos cifras interrumpe la cadena de tubos de gas del traductor en el punto correspondiente al número formado por las dos cifras, y este punto define las cifras de traducción. El registro recibe las cifras de traducción del traductor, las envía a los conmutadores Strowger y agrega después las cuatro últimas cifras que ha recibido y almacenado. Esta instalación ha demostrado que los directores electrónicos pueden ser tan seguros como los directores electromecánicos originales, sin que necesiten más cuidados. No podía esperarse más de un ensayo efectuado principalmente para adquirir experiencia en el funcionamiento de dispositivos electrónicos de cierta importancia en las centrales telefónicas. Se proyectan nuevos ensayos, especialmente el de un registro-traductor para números de siete cifras que traduzca las tres primeras. También se trata aquí de un traductor común a una serie de registros, pero en este caso el traductor se conecta, por turno y a gran velocidad, con cada uno de los registros, y cuando un registro ha recibido tres cifras y le toca ser conectado al traductor, envía las tres cifras a este último y recibe a cambio las cifras de traducción, todo ello a gran velocidad.

La Bell Telephone Manufacturing Company, de Amberes, está introduciendo un nuevo e importante perfeccionamiento en la aplicación de la electrónica a las centrales telefónicas. Dicha compañía está construyendo y montando, en efecto, una central en la que se emplea un nuevo sistema para establecer las conexiones de conversación, a base de la combinación de un conmutador mecánico con contactos a presión de metales preciosos y de la aplicación en gran escala de aparatos accionados electrónicamente, que se caracterizan por la utilización de métodos análogos a los empleados en transmisión para la modulación por impulsos en función del tiempo.

Estos métodos se utilizan para la identificación de líneas de abonados o de salidas de conmutadores, con ayuda de analizadores que emplean resistencias y de rectificadores secos solamente, de un pequeño número de triodos calientes y de tubos de tres electrodos y cátodo frío de concepción clásica. No se conocen más detalles sobre este sistema.

Los dispositivos electrónicos de memoria y su empleo en las centrales

Ya nos hemos referido a los dispositivos de memoria como importantes elementos de las centrales telefónicas. En el presente capítulo, examinaremos con más detenimiento la cuestión de la memoria. En general, hay que memorizar o retener datos suficientes para atender cuantas peticiones pueda dirigir un usuario a una central. Parte de estos datos se refieren a la llamada concreta que se produce en un momento determinado, por ejemplo, el número solicitado. Estos datos se llaman datos temporales, y sólo se retienen o memorizan mientras la llamada está en curso de establecimiento. Otra clase de datos han de hallarse disponibles en todo momento, razón por la cual se les llama datos permanentes. Entre muchos otros, citemos las indicaciones relativas al encaminamiento y a la tasación de las conversaciones con diversos destinos ; ha de saberse, además, si un número de llamada concierne a una línea única o a un grupo de líneas, o si provisionalmente no está ocupado o no se ha asignado a ningún abonado. En las centrales manuales, la mayor parte de la « memoria temporal » y buena parte de la « memoria permanente » compete a las operadoras, que deben retener durante cierto tiempo la información facilitada por los solicitantes y, de manera permanente, ciertas instrucciones de la administración explotante. Los demás elementos de la memoria permanente son indicaciones consignadas en fichas que tienen un índice y que están colocadas en las posiciones de las operadoras o escritas en el múltiple y en las regletas de marcar. Pero la memoria permanente debe poder modificarse sin gran dificultad para adaptarse a las características de lenta evolución del sistema. Existe también una clase de operaciones que en una central tiene en gran medida el carácter de memoria temporal : las que indican los circuitos libres y los ocupados, cuando ha de establecerse la comunicación solicitada, para encontrar un encaminamiento conveniente. En las centrales automáticas, todos los datos necesarios para su funcionamiento deben ser registrados en aparatos mecánicos instalados en la misma central. En las centrales electromecánicas, la « memoria temporal » consiste a menudo en grupos de relés que almacenan las cifras, por ejemplo, a medida que se marcan en el disco. La indicación « libre » u « ocupado » la da la posición mecánica de un conmutador que establece la conexión con una línea por dos de sus contactos móviles, escobillas o resortes de un relé, y envía una señal por un tercer contacto móvil, durante todo el tiempo que el conmutador se halla en esta posición, para indicar que la línea está ocupada y no debe ser utilizada para otra conexión. La « memoria permanente » consiste frecuentemente en cableados. El cableado del campo de traducción de un registro-traductor retiene traducciones correspondientes a los números que pueden solicitarse, y el cableado de la tonalidad de abonado inaccesible en los pasadores de un banco de contactos, los números de la central no asignados todavía a líneas en servicio. Agujeros hechos en fichas o en cintas constituyen un procedimiento de memoria que tiene numerosas aplicaciones. Antes se ha descrito una aplicación de este procedimiento a un registro-traductor.

Hemos de hacer constar también que una parte importante de los aparatos de memoria de una central es la que registra el número de unidades de tasa que cada línea ha acumulado y que consiste, en las centrales actuales, en contadores de comunicaciones provistos de ruedas numeradas que permanecen en la posición en que se han ajustado, y que de este modo constituyen una memoria.

Los tubos de vacío, los tubos de gas y los transistrones pueden acondicionarse fácilmente para efectuar operaciones de mando, de bloqueo, de cómputo, de traducción y, en general, para desempeñar funciones análogas a las de los relés y a las de los dispositivos electromecánicos de toda clase. Hay, sin embargo, una serie de dispositivos electrónicos de memoria de gran interés que no son equivalentes tan inmediatos de los órganos electromecánicos conocidos. Estos nuevos aparatos se distinguen por su capacidad para registrar un número dado de datos en un espacio mucho más pequeño, y gran cantidad de información con muy reducido gasto ; lo que equivale a decir que puede ya retenerse en una central mucha mayor información que nunca. Es demasiado pronto todavía para evaluar con exactitud la significación de estos hechos, pero muy bien podrían revelarse como de enorme importancia. Según hemos hecho observar, existen ahora en materia de conmutación posibilidades que no existían con los conmutadores mecánicos, gracias sobre todo a la gran velocidad de funcionamiento de los aparatos electrónicos y a su capacidad de trabajo continuo, sin desgastes rápidos. La capacidad de memoria, poco costosa y vasta, puede muy bien proporcionar un efecto análogo ; se comprenderá esto más fácilmente cuando describamos dos dispositivos, útil uno principalmente para la memoria temporal y de gran capacidad el otro, que se adapta lo mismo a la memoria permanente que a la memoria temporal.

Recientemente se han elaborado materiales magnéticos que se saturan en campos magnetizantes de poca intensidad y que conservan el flujo de saturación incluso cuando desaparece la acción magnetizante. Un fragmento de una substancia de esta especie, empleado con un circuito electrónico apropiado, puede hacer las veces de un relé utilizado como dispositivo de memoria, pero esto no representa ventaja alguna si de lo que se trata es de reemplazar solamente un relé. Por el contrario, puede ser ventajoso desde el doble punto de vista del espacio y del

precio si un gran número de relés pueden sustituirse por otros tantos fragmentos de esta nueva substancia y si el circuito electrónico asociado puede distribuirse entre aquéllos. Estas condiciones se dan en los registros especialmente. En una de sus aplicaciones prácticas, el material magnético toma la forma de bobinas toroidales de dos o tres milímetros de diámetro exterior y de casi la misma longitud, a través de las cuales pasan dos hilos que constituyen el bobinado primario y el secundario de un transformador. Haciendo pasar la corriente a través del primario en cierto sentido, e interrumpiéndola luego, se dejará saturado uno de los núcleos en un sentido que llamaremos A. Una corriente de sentido opuesto producirá la saturación en el sentido B, opuesto a A. Estos dos estados A y B puede hacerse que correspondan a las dos posiciones de un relé, posición de reposo y posición de trabajo con bloqueo, de la manera siguiente : Supongamos que la imantación normal del núcleo esté en el sentido A y que pase éste a la posición llamada de trabajo cuando esté imantado en el sentido B. Para determinar en cuál de ambos estados se encuentra en un momento cualquiera, se envía al bobinado primario, por medio del circuito electrónico asociado, una corriente que produce la imantación A, y se averigua si entonces se induce una tensión en el secundario. Si el núcleo estuviese ya en el estado A, la corriente no modificará el flujo magnético ni producirá inducción alguna en el bobinado secundario ; si el núcleo se hallase en el estado B, se producirá una modificación del flujo y, por consiguiente, una tensión inducida en el bobinado secundario. El hecho de que el núcleo no indique su estado de una manera continua, como un relé puede hacerlo, sino que, por el contrario, haya que verificarlo en momentos predeterminados de un ciclo de operaciones, no constituye inconveniente alguno en aplicaciones tales como el almacenaje de números en los registradores. Diez bobinas toroidales por cifra decimal reemplazan a un número igual de relés o de conmutadores utilizados para el cómputo, con un espacio más reducido y a un precio inferior si el número de cifras pasa de dos o tres.

El dispositivo de memoria de gran capacidad que vamos a describir ahora no es puramente electrónico, ya que comprende un elemento movido mecánicamente, a saber, un cilindro de rotación continua. El único desgaste es el de los cojinetes, bien concebidos y escasamente cargados. En lo demás, el aparato es electrónico. El cilindro no es magnético, pero está recubierto de una ligera capa de un material magnético. El niquelado electrolítico de la superficie, de un espesor de 0,02 mm, suele utilizarse para constituir el revestimiento magnético que es el elemento de memoria en el que se efectúan registros magnéticos por medio de cierto número de cabezas de posición fija. Cada cabeza actúa en una pista de un milímetro de anchura, aproximadamente, en torno del cilindro y al registrar una corriente que pasa por su bobinado satura magnéticamente la parte de la pista inmediatamente subyacente. Para efectuar un registro, se invierte la corriente del bobinado y se la restablece rápidamente ; una parte minúscula de la superficie lateral del cilindro se encuentra entonces en un estado magnético diferente del normal. Esta parte, al pasar bajo una cabeza de lectura (que puede ser la cabeza de registro utilizada en otro momento, o una distinta), induce en ella una fuerza electromotriz. Como el registro no desaparece por la lectura, puede conservarse indefinidamente y leerse cuantas veces se quiera. Cada elemento registrado equivale a un relé que, permaneciendo en el estado de trabajo o de reposo que se le ha impuesto, se comporta como una memoria. La superficie necesaria para un elemento de registro es tan pequeña que en una pista pueden reunirse hasta mil o más. No siendo difícil, como no lo es, construir cilindros con más de 200 pistas, se ve que se puede explotar con éxito una capacidad total de registro de un millón de elementos. Una importante característica del aparato es la sincronización exacta de la rotación del cilindro con una fuente exterior de frecuencia contrastada o de impulsos. Cada uno de los elementos de una pista puede identificarse así con relación a un elemento de tiempo derivado de la fuente contrastada ; durante este elemento de tiempo, o bien puede hacerse un registro en el elemento de pista o bien puede leerse el registro por medio de un equipo común a todos los elementos de la pista.

El dispositivo de memoria de cilindro magnético parece que ha de ser interesante para las centrales telefónicas en aquellos casos en que deben utilizarse numerosos aparatos que suministran o exigen gran capacidad de memoria. Los registros-traductores de las grandes centrales constituyen un ejemplo excelente, y por eso se ha pensado en aplicar este procedimiento. En uno de los montajes empleados, se utiliza cierto número de pistas como memoria temporal de los números marcados en el disco y transmitidos a registros que pueden llegar a un centenar. Otras pistas llevan el registro permanente de las traducciones correspondientes a los números marcados en el disco. Cada traducción se identifica, bien por un registro asociado, bien por la posición que ocupa en el cilindro. Uno de los problemas que se plantean consiste en relacionar los números registrados con las traducciones memorizadas, de modo que la traducción correspondiente a un número completo pueda ser extraída de la memoria ; este problema puede resolverse con un número relativamente reducido de aparatos. De hecho, un cilindro, con un número bastante pequeño de otros dispositivos, puede reemplazar hasta 100 registros-traductores de tipo clásico, con una economía sensible de dinero y de espacio. Puede preverse cierto número de otros usos para el aparato de cilindro magnético. Uno de ellos, aplicable a las centrales existentes lo mismo que a las de nuevo tipo, es el cómputo de comunicaciones para su facturación al abonado. Actualmente, cada línea de abonado está provista a este efecto de un contador de comunicaciones, consistente esencialmente en un contador decimal. Según otro método, puede asignarse a cada línea una sección de pista de un registro de cilindro, actuando los elementos de

esta sección como un contador para contar, según un sistema de numeración binaria, impulsos idénticos a los que hacen funcionar actualmente los contadores de comunicaciones individuales. De este modo, un solo cilindro puede servir para el cómputo de dos mil líneas de abonados o más. El paso de la numeración binaria a la numeración decimal se efectúa por el aparato de lectura. Lo más interesante de este montaje es que los registros pueden leerse en cualquier momento por métodos totalmente mecánicos en forma impresa o de otro modo que se adapte a los métodos de contabilidad mecánica. Con este sistema se podrá llegar a una mejora considerable, tanto desde el punto de vista de la exactitud como en lo que concierne a la reducción de los gastos de contabilidad.

Las centrales enteramente electrónicas

Por lo que hasta ahora queda dicho puede verse que los aparatos electrónicos se adaptan muy bien a las funciones de conmutación y de memoria en las centrales telefónicas, que van poniéndose lentamente en práctica y que sus posibilidades en este terreno no se han agotado. Los progresos actuales nos llevan, pues, a sistemas mixtos, a la vez electromecánicos y electrónicos, utilizándose cada uno de estos elementos allí donde, al menos por el momento, sus cualidades son mejores que las del otro. La natural curiosidad nos incita así a preguntarnos qué probabilidades hay de que centrales enteramente electrónicas se revelen capaces de competir con sistemas por lo menos parcialmente electromecánicos. La principal transformación que ha de efectuarse para pasar de centrales parcialmente electrónicas a centrales enteramente electrónicas consiste en convertir en electrónicos los conmutadores de conexión. En la actualidad existen estos conmutadores (Strowger, Rotary, Crossbar y otros), y su característica común es la de que las corrientes de conversación no experimentan atenuación alguna a través de los contactos. No existe ningún conmutador electrónico que presente exactamente las mismas características ; el modelo electrónico que más se parece se encuentra en algunos tipos, antes mencionados, de tubos de descarga de un gas, en los cuales, cuando la descarga se produce, la resistencia entre ánodo y cátodo se hace negativa para pequeñas variaciones de tensión y de intensidad. Existe entonces una ligera disminución de la atenuación que puede producirse en los transformadores o de otro modo. Los tubos de gas pueden servir de conmutadores de conexión, análogos a los del sistema « crossbar », según se ve en la Figura 10, en la cual uno cualquiera de los circuitos de conversación $n1$, $n2$ y $n3$ puede conectarse a uno cualquiera de los circuitos $m1$ y $m2$ mediante el encendido del tubo situado en el punto de intersección de los dos circuitos. En lugar de los tubos de gas pueden utilizarse conmutadores electrónicos que tengan una resistencia apreciable en la posición « cerrado », si se han previsto amplificadores para compensar las pérdidas de transmisión. Las centrales así montadas son bastante simples, pero necesitan gran número de tubos.

Fig. 10. — Conmutador de conexión con tubo de gas.
(Véase parte inglesa, página 161e.)

Existe un tipo de conmutador de conexión que se funda en los procedimientos utilizados en transmisión para la telefonía múltiplex, con el cual puede emplearse ya la distribución en frecuencia, ya la distribución en el tiempo. La Figura 11 representa los circuitos $n1$, $n2$ y $n3$, asociados en sistemas múltiplex para la transmisión de corrientes de conversación al circuito común H1 en ondas portadoras de frecuencias $f1$, $f2$ y $f3$, y para la recepción del circuito común H2 en ondas portadoras de iguales frecuencias ; los extremos de los circuitos $m1$ y $m2$ utilizan para la transmisión y para la recepción las ondas portadoras x e y, que, por el sistema de mando, pueden adaptarse a una de las frecuencias portadoras $f1$, $f2$ ó $f3$. Entre un circuito m y cualquiera de los circuitos n puede efectuarse una conexión con el circuito m por selección y conmutación de la frecuencia portadora apropiada. Como puede verse en la Figura 11, los conmutadores que siguen métodos de modulación por impulsos en función del tiempo tienen extremos múltiplex, pero en lugar de frecuencias portadoras utilizan trenes de impulsos espaciados en el tiempo.

Fig. 11. — Conmutador de conexión múltiplex.
(Véase parte inglesa, página 161e.)

Los conmutadores de tipo múltiplex permiten evitar la conmutación directa de los circuitos de conversación, y la reemplazan por la conmutación de frecuencias portadoras o de impulsos en el tiempo. De este modo puede llegarse a cierta simplificación reduciéndose, además, el costo de la conmutación a expensas de instalaciones múltiplex terminales. Estas pueden, sin embargo, simplificarse mucho con relación a las utilizadas comúnmente para la transmisión a larga distancia, pues la distancia no plantea problema alguno ni se necesita hacer economías en la anchura de banda. De todos modos, siempre son caras como órganos de conmutación, y, en lo relativo al precio, sólo son ventajosas cuando se las emplea como grandes conmutadores, previstos, por ejemplo, para 100 circuitos, o más, n ó m. Si el número de circuitos n es igual a N, y el de circuitos m a M, el número de puntos de cruce de la Figura 10 en que habrá de colocarse un elemento de conmutación será igual a NM, en tanto que en la Figura 11 el número de pares de extremos emisión y recepción del sistema múltiplex será igual a N + M. La diferencia entre la suma y el producto va haciéndose mayor según van aumentando los números N y M ; más exactamente, las centrales equipadas de conmutadores múltiplex deben funcionar con un número reducido de conmutadores de gran capacidad si se quiere que en lo que concierne al precio compitan con conmutadores de elementos en derivación.

No creemos que ni los conmutadores de conexión descritos en el presente capítulo ni los elementos de

conmutación y de memoria examinados en los precedentes agoten todas las posibilidades de la construcción electrónica. Uno de los puntos que hemos querido poner de relieve es la posibilidad de construir centrales enteramente electrónicas de diversas clases. En cuanto a saber si una de estas centrales puede competir con centrales de los tipos existentes o con nuevos tipos de centrales parcialmente electrónicas, es cuestión a la que responderá el porvenir. El actual estado de la técnica no nos permite dar una respuesta, pero sí podemos hacer dos observaciones de carácter general. En primer término, en las redes telefónicas existe un equilibrio económico entre el precio de coste de líneas, aparatos de abonado e instalación de centrales. Toda modificación de cualquiera de estos elementos repercute en los demás. Las modificaciones debidas a los modernos perfeccionamientos de los aparatos electrónicos son susceptibles de tener repercusiones no sólo en las centrales, sino también en las redes de transmisión, a causa del transistrón y de otros perfeccionamientos. Las cuestiones pendientes no se reducen, pues, a la sola conmutación ; en su conjunto, esta situación es favorable a las centrales enteramente electrónicas. Una modificación de los métodos de las centrales encontrará más fácil justificación si se puede combinar con una modificación de los métodos relativos a las instalaciones exteriores. En segundo lugar, si se ponen en servicio centrales enteramente electrónicas en redes telefónicas ya bien desarrolladas, deberán funcionar conjuntamente con las centrales existentes. Esto no presenta dificultad alguna de orden técnico ; en cambio, será probablemente difícil justificar la creación de un nuevo tipo de central si se consideran los capitales ya empleados en previsión de que se mantengan los métodos en curso. Dicho de otro modo, no bastará con que las centrales enteramente electrónicas sean tan buenas ni siquiera algo mejores que las centrales existentes o que las parcialmente electrónicas ; será preciso que ofrezcan ventajas muy notables con respecto a los otros tipos de centrales para que en la práctica puedan imponerse.

Conclusión

¿Podemos en la actualidad prever todas las posibilidades de aplicación de los aparatos electrónicos a las centrales telefónicas? Razonablemente no podemos pretenderlo. Las conclusiones ya formuladas, y especialmente la de que la conmutación electrónica ofrece posibilidades de nuevos métodos de explotación de las centrales, bastan sin duda para justificar nuevos estudios en materia de electrónica. En realidad, estos estudios se llevan a cabo activamente en los laboratorios telefónicos del mundo entero. En cuanto a las cuestiones que en último término esperan aún una respuesta, son en esencia las mismas que pueden aplicarse a toda evolución. He aquí un ejemplo : ¿En qué medida los aparatos electrónicos permiten un servicio más barato y más seguro, o que exija menos cuidados de conservación? No cabe duda de que una parte por lo menos de estas cuestiones recibirán una respuesta en el curso de los próximos años.

* * *

Agradecimiento.

El autor se ha servido de datos publicados procedentes de diversas fuentes, y de otros inéditos de diversas casas industriales cuyos nombres no citamos. Expresa en especial su agradecimiento a la Bell Manufacturing Company, de Amberes, por la descripción de su nuevo sistema, y al Ingeniero-jefe del Post Office del Reino Unido, por haberle autorizado a publicar el presente artículo.

T. H. Flowers.

H. A. Lorentz y la significación de su obra en las telecomunicaciones electromagnéticas

por el Prof. Balth. van der Pol

(Traducción)

La elección del gran físico holandés Hendrik Antoon Lorentz para que figure en el grabado de este año [1] de la serie de retratos de hombres eminentes en materia de telecomunicaciones, editada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la creemos especialmente pertinente, por ser 1953 el año en que se cumple el centenario de su nacimiento (18 de julio de 1853).

La finalidad de este estudio es poner de relieve la personalidad de Lorentz, sus realizaciones y la significación de su obra en la teoría de las telecomunicaciones electromagnéticas.

Con una sola admirable excepción, nunca Lorentz enfocó directamente ningún problema técnico. Sus trabajos, que se refieren a la física teórica, tienen múltiples aplicaciones en las telecomunicaciones electromagnéticas. Tan clásicos son muchos de ellos que nada tiene de extraño que en la actualidad llegue a olvidarse que Lorentz fué el primero en enunciar ideas que hoy tienen aplicación diaria en nuestra técnica de las comunicaciones.

Ojeando la larga lista de sus obras, se siente uno impresionado por la fecunda actividad por él desplegada en casi todas aquellas partes de la física teórica que por haber llegado, en tiempos de Lorentz, a cierto estado de madurez provisional, pudieron ser tratadas teóricamente. Así vemos que de su pluma salieron muchos trabajos fundamentales sobre mecánica teórica, termodinámica, hidrodinámica, teoría cinética, teoría de los cuerpos sólidos, luz, calor y propagación de las ondas en general. Pero su obra principal es sin duda la que se refiere al campo electromagnético, a la teoría de los electrones y a la teoría de la relatividad.

Lorentz, sin embargo, vivió en una época que vió los comienzos de la teoría de los quanta, enunciada por Max Planck, y de la nueva teoría del átomo, elaborada por Niels Bohr. Aunque trabajó dentro de la órbita de la física clásica, y a pesar de que ambas teorías estaban en franco contraste con las ideas clásicas, Lorentz fué uno de los primeros en comprender su importancia transcendental y en darse cuenta de la profunda significación que habían de tener en el futuro de la física teórica.

Tenía Lorentz la costumbre de exponer estas nuevas ideas a sus alumnos en los famosos cursos que daba los lunes, a las 11 de la mañana, en la Universidad de Leiden. Estas conferencias eran de excepcional brillantez, y su claridad demostraba el absoluto dominio de Lorentz en la materia. Entre los que concurrían a la pequeña aula se hallaban Ehrenfest, Einstein y otros muchos célebres físicos de su tiempo.

Después de exponer en estas conferencias los puntos de vista de los creadores de algunas nuevas teorías, solía continuar señalando la sutileza de las ideas o cualquier ligera insuficiencia de los argumentos esgrimidos. Y entonces, para emplear sus propias palabras, « daba vueltas al asunto una y otra vez y en todas sus formas », lo que le permitía a menudo arrojar sobre él alguna nueva luz de su propia cosecha. En la siguiente conferencia acostumbraba a seguir con el mismo tema, y difícilmente llegaba alguno de sus auditores a darse cuenta de que todo cuanto seguía era fruto de su propio trabajo creador, preparado a menudo sólo unos días antes.

Un rasgo característico del genio de Lorentz era la gran facilidad con la que se familiarizaba con los temas de física, incluso y especialmente con aquellos que en su tiempo pertenecían a la parte más difícil de la física teórica. Este don único se apreciaba claramente en la manera como leía los artículos científicos que sus alumnos sometían de vez en cuando a su crítica antes de ser publicados. Para atender esta clase de peticiones con la máxima celeridad, leía primero el comienzo del artículo, en donde se hacía la exposición teórica del problema, después cogía una hoja de papel y resolvía él mismo el problema y, por último, miraba el final del artículo ; si la solución coincidía con la suya, estaba seguro de que el razonamiento era justo.

Sus dotes extraordinarias para dilucidar problemas físicos complicados se apreciaban también en la forma en la que solía responder a las cuestiones científicas que le planteaban sus colegas o alumnos. En vez de contestar directamente, repetía la cuestión con tanta claridad y en forma tan concisa que inmediatamente se hacía evidente la respuesta.

En los comienzos de este siglo, Lorentz fué universalmente considerado como el primer físico teórico de su tiempo. Nada tiene, pues, de extraño, que haya sido el Presidente por antonomasia de distintos congresos científicos internacionales. Además del holandés, su lengua materna, dominaba el inglés, el francés y el alemán. Una característica de su manera de

[1] El grabado, que se publicará hacia fines de año, se reproduce en la parte inglesa, página *164e*, en tamaño reducido.

dirigir los debates era que después de escuchar una intervención científica complicada de uno de los miembros del congreso, la resumía él de modo tan brillante y a la vez tan conciso que sólo *entonces* el asunto aparecía claro a todo el auditorio, incluso, quizás, al propio miembro que había hecho la exposición.

Lorentz fué muy admirado por todos los grandes físicos de su tiempo no sólo por su obra científica sino también por sus cualidades humanas y, especialmente, por su honradez y modestia extremas. Estoy autorizado para citar aquí un tributo inédito que Albert Einstein escribió, hace algunas semanas, con ocasión del centenario del nacimiento de Lorentz.

> « Tuve frecuente oportunidad de asistir a las conferencias que H. A. Lorentz daba regularmente, después de abandonar el profesorado, a un reducido círculo de jóvenes colegas. Cuanto emanaba de este prodigioso cerebro era tan claro y tan hermoso como una verdadera obra de arte ; se tenía la impresión de que todo salía fácilmente, sin esfuerzo alguno. Nadie me ha producido nunca una impresión como ésta.
>
> « Si nosotros, más jóvenes, sólo hubiésemos conocido a H. A. Lorentz como un luminar de la ciencia, nuestra admiración, nuestra veneración por él habrían sido de un género extremamente especial. Pero lo que yo siento cuando pienso en H. A. Lorentz no es sólo, ni mucho menos, veneración. Para mí significaba más que todos los sabios que he encontrado en los días todos de mi vida. »

* * *

La obra de Lorentz y su significación en la teoría de las telecomunicaciones electromagnéticas data de su tesis de doctorado, escrita a la edad de 22 años. El tema fué la teoría de la reflexión y de la refracción de la luz, desde el punto de vista de las ecuaciones de Maxwell. Maxwell había demostrado que sus ecuaciones probaban la naturaleza eléctrica de las ondas luminosas. No obstante, cuando Lorentz escribió su tesis (1875), había aún varias teorías en pugna. Lorentz formuló la siguiente categórica conclusión :

> « Si nos basamos en las investigaciones efectuadas sobre la reflexión y la refracción de la luz, debe ser preferida la teoría de Maxwell. »

Las fórmulas deducidas de esta tesis, en tiempos en que no existían radiocomunicaciones, constituyen la base de todos los trabajos posteriores en radioelectricidad sobre la reflexión y refracción, por la tierra, por ejemplo, de las ondas electromagnéticas.

Lorentz termina su tesis con la siguiente frase :

> « Lejos de haber adquirido su forma definitiva, la teoría de Maxwell exige, pues, aún, la aclaración de numerosos puntos obscuros, cuya explicación hoy día es de todo punto imperfecta. Pero una parte del interés que ofrece toda evolución de nuestro conocimiento de la naturaleza reside precisamente en que nos muestra con claridad lo que todavía falta por hacer, y en que indica la dirección que deben seguir las investigaciones futuras para que lleguen a buen término. »

Estas líneas, que tienen un carácter visionario y que Lorentz escribió a la edad de 22 años, llevan en sí el germen de la mayor parte de sus trabajos posteriores sobre la teoría del electromagnetismo.

De hecho, la principal dificultad que Maxwell dejó sin resolver era la imposibilidad de explicar con su teoría ciertos espectros luminosos, como los emitidos por determinadas sustancias químicas. Y aquí fué donde Lorentz profundizó el problema y trató de esclarecerlo. En tiempos de Maxwell, lo que nosotros llamamos ahora la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética se consideraban como magnitudes que definían las propiedades generales de la materia, magnitudes que podían medirse estáticamente o con campos de lenta variación. Pero no se tenía idea de la ley en virtud de la cual en diferentes sustancias existían constantes diferentes, ni de por qué estas « constantes » variaban tanto con la frecuencia de las ondas. En esta materia Lorentz sentó como postulado, ya en 1878, la idea de que la propagación de las ondas electromagnéticas a través de la materia ponderable se regía por la acción de pequeñas partículas cargadas de electricidad en las sustancias. Lorentz desarrolló después esta idea fundamental en todos sus detalles, creando así la *teoría de los electrones*. Aunque en un principio lo hizo con la finalidad de comprender mejor cómo se propagan las ondas luminosas cortas a través de la materia ponderable, lo cierto es que estos resultados teóricos han aclarado también muchas propiedades de las ondas electromagnéticas más largas, como las que hoy día se utilizan en las comunicaciones radioeléctricas.

Por ejemplo, se estudiaron a fondo las fuerzas de un campo electromagnético que actúan sobre los electrones, y, por consiguiente, su movimiento, y este estudio cristalizó en una serie de ecuaciones matemáticas que puede considerarse son la elaboración y desarrollo de las ecuaciones de Maxwell : podía, pues, calcularse la fuerza que actúa sobre un electrón en movimiento en un campo magnético constante. Estas fórmulas forman todavía la base del funcionamiento de los magnetrones modernos, utilizados en los aparatos de radar y de otros medios de comunicación por ondas cortas, y también de los ciclotrones, utilizados en gran escala en las investigaciones nucleares.

También se debe a Lorentz la idea de que la masa de un electrón es, parcial o totalmente, de naturaleza electromagnética.

* * *

En Leiden, en octubre de 1896, Zeeman publicó los resultados de sus experiencias. Situó una fuente luminosa, una llama de sodio, en un intenso campo electromagnético, y vió que las líneas del espectro luminoso se ensanchaban ligeramente o se desviaban, demostrándose así que la frecuencia de la luz emitida cambiaba ligeramente en presencia del campo magnético.

Cuando Zeeman hizo su descubrimiento, Lorentz había desarrollado ya completamente su teoría de los electrones y, fundándose en ella, pudo deducir inmediatamente de las experiencias de Zeeman la relación e/m entre la carga y la masa de los electrones en vibración en la llama de sodio. Esta relación se vió

que era del orden de 10^7 en unidades C.G.S. También pudo prever el estado de polarización de la luz emitida, que Zeeman confirmó inmediatamente.

En octubre de 1897, otro gran físico, Sir J. J. Thomson, publicó en Cambridge (Inglaterra) las conclusiones de sus experiencias, en el curso de las cuales reflejó partículas elementales producidas en tubos de descarga con ayuda de campos eléctricos y magnéticos ; de esta forma obtuvo también valores numéricos para la relación entre la masa y la carga de sus partículas. El hecho de que la relación e/m hallada por J. J. Thomson no se alejara mucho de la relación similar que por medio de la teoría de Lorentz podía deducirse de las experiencias de Zeeman demostraba que estas partículas eran probablemente idénticas en las dos experiencias, tan diferentes. Así nació el electrón. Puede decirse, pues, que el electrón fué *inventado* independientemente por Lorentz en Leiden y *descubierto* por J. J. Thomson en Cambridge. Años más tarde, los tres físicos, Zeeman, Lorentz y Thomson fueron honrados con el premio Nobel.

Acaso sea el autor de este artículo el único físico aún en vida que tuvo el alto honor de trabajar a la vez con J. J. Thomson (de 1917 a 1919) en Cambridge, y con H. A. Lorentz (1919-1922) en Haarlem. Es muy tentador comparar aquí la personalidad muy diferente de estos dos grandes hombres de ciencia. Por su parte, Thomson concebía, al parecer, sus nuevas experiencias, en un destello de súbita inspiración. En cuanto a Lorentz, solía reflexionar largo tiempo sobre sus nuevas ideas y sobre sus consecuencias teóricas, y sólo se hallaba completamente satisfecho cuando podía tratarlas en sus diferentes aspectos y llegar, por métodos distintos, al mismo resultado. Ni que decir tiene que de uno y otro modo pueden realizarse importantes progresos científicos.

Varias de las consecuencias de la teoría de los electrones de Lorentz se relacionan directamente con la técnica moderna de la radioelectricidad. Lorentz mostró en detalle cómo había que calcular las ondas emitidas por un electrón que oscile armónicamente libre en el espacio. La solución que dió a este problema coincide en un todo con la teoría enunciada por Hertz para un dipolo oscilante, siendo la corriente en el dipolo de Hertz, según la teoría de los electrones de Lorentz, equivalente al producto de la carga del electrón por su velocidad. En ambos casos se obtiene la misma resistencia de radiación. Digamos paladinamente que en esta teoría se basan todos los cálculos modernos de radiación de las antenas.

Otras dos partes de la teoría de los electrones de Lorentz se relacionan : *(a)*, con la teoría moderna de la ionosfera, y *(b)*, con la atmósfera de la tierra. Lorentz demostró que, en general, cuando hacemos entrar una materia ponderable en un campo eléctrico y queremos calcular el campo eléctrico local próximo a una molécula, hemos de tener también en cuenta la influencia que en este campo local ejerce la polarización de las moléculas vecinas. De este modo introdujo un término matemático famoso en su teoría de la polarización, término necesario, sin duda alguna, en el caso de los cristales. Más tarde surgió la duda de si este término debía también considerarse en el campo producido en la ionosfera por las ondas electromagnéticas, cuestión ésta que en la literatura física de 1929 a 1934 dió lugar a grandes discusiones. La conclusión más reciente, de C. G. Darwin, es *negativa*, teniendo en cuenta las condiciones físicas existentes en la ionosfera. En cambio, la teoría de la polarización de Lorentz nos permite calcular la constante dieléctrica de una combinación de gases cuando sus densidades y sus constantes dieléctricas son conocidas. La atmósfera de la tierra, compuesta de oxígeno, nitrógeno y vapor de agua, constituye un caso preciso al que conviene aplicar la teoría de Lorentz, en la que se basa la investigación moderna en materia de propagación de las ondas a través de las capas inferiores de la atmósfera.

En 1892, Lorentz introdujo, además, los « potenciales retardados », que constituyen el aspecto teórico del hecho de que las ondas electromagnéticas se propagan con la velocidad de la luz. En la moderna teoría de las transformadas de Laplace estos potenciales retardados aparecen con toda naturalidad en forma de un « producto de composición ».

También encontramos en la obra de Lorentz una clara y concreta exposición del teorema de la reciprocidad, para los sistemas lineales.[1]

> « Si una fuerza electromotriz aplicada a un punto P en la dirección h produce en un punto P', una corriente cuya componente en una dirección arbitrariamente elegida h' tiene la amplitud μ y la fase ν, una fuerza electromotriz igual que se produzca en el punto P' en la dirección h' producirá en el punto P una corriente cuya componente en la dirección h tendrá exactamente la misma amplitud μ y la misma fase ν. »

Este teorema es sumamente general. En la práctica, se ha aplicado con gran éxito para encontrar el mejor emplazamiento de un transmisor radioeléctrico cuando se quiere que en dos puntos dados en los que es difícil un buen servicio, puedan obtenerse condiciones óptimas.

Aquí hemos de referirnos a uno de los últimos estudios de Lorentz, en el que desarrolla una generalización de una observación poco conocida, también de valor muy general, de Oliver Heaviside, relativa a las redes eléctricas [2]. Como he podido comprobar a través de muchas conversaciones personales, Lorentz sentía gran admiración por los trabajos de Heaviside. El teorema de Heaviside puede enunciarse como sigue :

> « Sea una red pasiva constante en reposo. Si en un tiempo $t = 0$ se aplica a la red súbitamente una fuerta electromotriz constante, se producirán generalmente corrientes transitorias. Después de un largo período, digamos $t = t_l$, estas corrientes transitorias podrán considerarse como desaparecidas y, en general, se observará solamente en la red la presencia de una corriente continua. Esta corriente continua (si existe) provocará, según la teoría de Joule, una dispersión de calor constante por segundo. Si llamamos W' la

[1] *H. A. Lorentz*, Proc. Acad. Amsterdam 7, 401, 1905.

[2] *O. Heaviside*, Electrical Papers, II, 412 (Londres, 1892).

« pseudo-dispersión de calor » que se habría producido si la corriente final, constante, hubiese existido todo el tiempo de $t = 0$ a $t = t_1$, la observación de Heaviside es la de que, en el instante en que se llega a la condición estable, el trabajo total A efectuado por la f.e.m. es superior a la « pseudo-dispersión de calor » (si existe) en una cantidad igual a dos veces el exceso de energía eléctrica U con relación a la energía T, o :

$$A - W' = 2(U - T) \quad .»$$

Consecuencia sorprendente de este notable teorema es que un condensador puede cargarse, desde una fuenta de corriente continua, para un rendimiento de un 50 % solamente. Como hemos dicho, Lorentz generalizó de tal modo este teorema ya general de Heaviside que pudo también aplicarse a las redes eléctricas con capacitancias e inductancias distribuídas. Es interesante hacer notar que, en este estudio, Lorentz introdujo en las ecuaciones de Maxwell los conceptos de fuerzas *eléctricas* inducidas y de fuerzas *magnéticas* inducidas que, en la teoría corriente de los circuitos, corresponden, respectivamente, a una fuerza electromotriz y a una fuente de corriente.

Este resumen de sólo una parte de la obra de Lorentz sería incompleto si no mencionásemos su importante y fundamentalísima exposición sobre la teoría especial de la relatividad. Durante toda su vida se interesó vivamente en el problema de cómo se propagan las ondas luminosas u otras ondas electromagnéticas en un medio que no está en reposo. Su comportamiento es muy diferente, por ejemplo, del de las ondas sonoras propagadas en el aire en movimiento. El sonido se propaga a mayor velocidad en la dirección del viento que contra él. Podría, por tanto, esperarse que, por analogía, la velocidad de un rayo luminoso fuese mayor en la dirección del movimiento de rotación de la tierra que en sentido opuesto. Supongamos, para ilustrar con un ejemplo la anterior deducción, un río cuyo curso sea rectilíneo. Un barco, que desarrolla una velocidad constante con relación al agua, se dirige primero de *a* a *b*, *río abajo*, y, al llegar a *b*, gira inmediatamente y se va río arriba hasta *a*. Es fácil suponer que en una experiencia como ésta, la duración del recorrido total del barco dependerá de la velocidad de la corriente. De hecho, el barco tardará más en su viaje río arriba y río abajo cuando haya corriente que cuando el agua esté estacionaria, porque el período durante el cual el barco pierde tiempo es algo más largo que el período en que lo gana. Si la velocidad de la corriente es mayor que la del barco con relación al agua, el barco no podrá en modo alguno ganar el punto de partida.

Exactamente lo mismo — se pensaba — la velocidad de la luz se verá influída por el movimiento de la tierra a través del éter, y ésta fué la razón que indujo a Michelson y a Morley, en Chicago, a efectuar una experiencia (1887) para comprobar tal hipótesis. Como la realización de la experiencia era muy delicada, para evitar vibraciones mecánicas que perturbaran la marcha de los aparatos mientras se efectuaban las mediciones, se suspendió en Chicago durante cierto tiempo la circulación de tranvías. El resultado de la experiencia fué de lo más sorprendente : no se pudo observar ninguna diferencia en la velocidad de la luz en las dos direcciones. Lorentz abordó inmediatamente el estudio teórico del problema, y la única conclusión a que pudo llegar fué la más simple, a saber : la de que toda materia que se mueve a gran velocidad se contrae ligeramente en la dirección de su movimiento. Así, la longitud de los aparatos de medida empleados en la experiencia disminuyó algo, justamente en la proporción precisa para compensar exactamente el aumento del tiempo de desplazamiento. Esta contracción de Lorentz, que había de ser famosa, la sugirió también independientemente Fitzgerald. Pero Lorentz fué más lejos. Sostuvo que todos los efectos que pueden observarse en un laboratorio han de ser los mismos, esté el laboratorio en reposo o se mueva como un todo y con velocidad constante a través del éter. Esto le llevó a su famosa transformación, a saber, a la serie de ecuaciones matemáticas que constituyen la base de toda la teoría de la relatividad.

Minkowsky mostró más tarde que la interpretación de estas ecuaciones podía simplificarse si se consideraba el tiempo como una cuarta dimensión imaginaria en nuestro mundo de tres dimensiones. La transformación de Lorentz pudo así interpretarse simplemente como una rotación del sistema de cuatro dimensiones.

Poco después de haber encontrado Lorentz su transformación, Einstein, por su parte, encontró las mismas ecuaciones, e incluso las generalizó más al hacerlas aplicables también a sistemas en movimiento con velocidad variable, en tanto que Lorentz sólo consideró sistemas que se movían con una velocidad constante.

No hay por qué citar aquí todas las consecuencias de la teoría de la relatividad, constante objeto de la física teórica. De ella se deduce, por ejemplo, que la velocidad de las ondas radioeléctricas emitidas por un aeroplano, medida en la tierra, es la misma en la dirección en que vuela que en la opuesta (aunque, con la técnica moderna, se puede muy bien medir el efecto Doppler de estas ondas). También se deduce que, en tanto que los aeroplanos pueden franquear el muro del sonido, nunca llegarán a franquear el muro de la luz. Einstein formuló el postulado preciso de que en ninguna circunstancia se puede medir una velocidad cualquiera con relación al éter, lo que le indujo a hacer completa abstracción del éter. Lorentz, sin embargo, prefirió mantener la idea del éter, cuya utilidad veía para la representación de los movimientos de las ondas que lo atraviesan.

* * *

Como se dice al principio de este estudio, sólo en una ocasión abordó Lorentz directamente un problema técnico. Fué cuando el Gobierno holandés le encargó que estudiara la influencia que en los movimientos del agua del Zuider Zee ejercería la construcción de un dique en su parte septentrional con el

fin de vaciarla y obtener así nuevas tierras para el país. Aquí no se fundó Lorentz en leyes hidrotécnicas de carácter empírico sino que estudió el problema *ab initio*. Las conclusiones de un reducido comité gubernamental por él presidido permitieron, a base de los cálculos de Lorentz, dar inmediato comienzo a la vasta empresa de desecación de una parte considerable del Zuider Zee. Poco antes de su muerte, en un viaje especial por el Zuider Zee, Lorentz pudo comprobar que la experiencia confirmaba plenamente sus previsiones teóricas. A estos cálculos se debió también que, en las recientes inundaciones de Holanda, se librara gran parte del país, incluída su capital, Amsterdam, de un desastre aún mayor.

En los cálculos que entonces hizo, Lorentz hubo de considerar las fuerzas friccionales del agua como proporcionales al cuadrado de la velocidad, transformando así sus ecuaciones diferenciales en ecuaciones no lineales, con todas las complicaciones que esta transformación supone. Salvó la dificultad introduciendo términos de resistencia lineal de tal magnitud que la dispersión total durante un período de oscilación, para la amplitud dada, seguía siendo aproximadamente la misma. Métodos matemáticos similares se emplean también hoy en mecánica no lineal y en la teoría de los circuitos eléctricos no lineales, que pueden contener triodos, transistrones u otros elementos de circuito no lineales.

* * *

Lorentz sentía aversión a exponer sus puntos de vista sobre problemas filosóficos ajenos a su esfera propia de la física teórica, en la que fué uno de los genios más extraordinarios. Estaba convencido de que el progreso real de la ciencia no se logra en congresos internacionales, sino más bien por el esfuerzo individual, en la soledad de un estudio o de un laboratorio. Puede citarse, a este respecto, el discurso de apertura que Lorentz pronunció en octubre de 1911 ante el primer « Consejo de Física Solvay », cuyos debates versaron sobre los aspectos de la entonces todavía nueva y misteriosa teoría de los quanta. Decía :

« ¿ Cuáles serán los resultados de esta asamblea ? No me aventuro a predecirlos, puesto que ignoro las sorpresas que nos están reservadas. Pero como es prudente no contar con estas sorpresas, he de admitir como muy probable que nuestra contribución al progreso inmediato será escasa. En efecto, el progreso de la ciencia se logra más bien por el esfuerzo individual que por las reflexiones que se hagan en un congreso o en un consejo, e incluso es muy probable que, mientras nosotros estemos discutiendo un problema, algún solitario hombre de ciencia halle la solución en otro rincón del mundo. » [1]

Después de una corta enfermedad, Lorentz falleció el 4 de febrero de 1928. P. Ehrenfest pronunció ante su tumba las siguientes palabras :

« Leed los escritos de Lorentz, leed sus libros, y aparecerá ante vosotros la imagen de un laboratorio, un local con grandes ventanales, que atraviesan los rayos vivificantes de un sol matinal, y el maestro, que trabaja y maneja sus útiles con gran amor. Entre los más apropiados para la finalidad que persigue, prefiere los más simples; pero posee también instrumentos muy raros y de extraordinaria precisión, que guarda en perfecto orden, listos siempre para su empleo y a los que el uso de los años ha dado vivos reflejos.

» Y porque el maestro nos muestra fervorosamente los útiles que pertenecieron a Christiaan Huygens y a Fresnel y a otros maestros, comprendemos nosotros que él mismo ha inventado y construído muchos otros de los ingeniosos útiles que emplea ; pero el maestro no nos lo dice. El maestro, en su laboratorio lleno de sol. El maestro, con sus ojos negros y su dulce sonrisa significativa. »

Aunque en los últimos veinticinco años la física ha progresado enormemente y ha abierto muchos nuevos caminos, los trabajos de Lorentz quedarán siempre como una obra maestra de física clásica, todavía aplicada en gran parte y a diario en diversas ramas de la técnica moderna de las telecomunicaciones electromagnéticas.

Ginebra, 19 de agosto de 1953.

Balth. van der Pol.

---

[1] *Louis de Broglie :* Notice sur la vie et l'œuvre de Hendrik Antoon Lorentz (Conferencia dada en la sesión anual de premios, el 10 de diciembre de 1951). Académie des Sciences (París).

NOTICIA BIBLIOGRÁFICA

Théorie des circuits électriques (Teoría de los circuitos eléctricos), por H. Tropper, Conferenciante del Queen Mary College, Londres. Traducido del inglés por S. Toumaniantz [1].

Clarísima exposición de los métodos modernos de cálculo de las redes eléctricas, en régimen permanente o en régimen transitorio.

La originalidad y el interés de esta obra los constituye la feliz asociación de simples consideraciones matemáticas y de un profundo estudio de la significación física de los fenómenos y de su correlación.

[1] Un volumen en rústica en 8º, de 219 páginas, con numerosas figuras, editado por Dunod : 12, rue Bonaparte, París, 6º (1953).

ECOS Y NOTICIAS

Acuerdo Interamericano de Radiocomunicaciones (Washington, 1949). — Con fecha 26 de agosto de 1953 ha sido depositado en los archivos del Gobierno de los Estados Unidos de América el instrumento de aceptación por la República de Haití del Acuerdo Interamericano de Radiocomunicaciones, firmado en Washington el 9 de julio de 1949. Dicho Acuerdo ha entrado en vigor en la misma fecha para dicho país.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

Comité Consultivo Internacional Telefónico. — La « Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fernmeldetechnik », de Backnang, ha presentado una solicitud para participar en los trabajos del CCIF. Esta solicitud ha sido aprobada por la República Federal Alemana.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

Oficina centralizadora alemana de control. — En lo que concierne a la región de la República Federal Alemana, las tareas encomendadas a la oficina centralizadora de control, previstas en el Reglamento de Radiocomunicaciones, estarán en lo sucesivo a cargo del « Zentralbüro des Funkkontroll-Messdienstes », del Fernmeldetechnisches Zentralamt, de Darmstadt.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

Cambio de denominación de un Miembro de la Unión. — La Legación de Portugal en Berna ha informado a la Secretaría General de la UIT de haber sido sustituída la denominación « Territorios portugueses de Ultramar » por « Provincias portuguesas de Ultramar ».

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

Nombramientos y jubilación. — *Iran.* — Ha sido nombrado Ministro de CTT el Sr. Farzanegan, y adjunto del mismo Ministerio el ingeniero Sr. Houchang Samiy.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

— *Federal Communications Commission.* — Después de 38 años de servicio ininterrumpido como especialista en materia de reglamentación, el 30 de julio último se jubiló el Sr. Paul A. Walker, con cuyo motivo el personal de la FCC organizó una recepción en su honor.

El Sr. Walker, último de los miembros fundadores de la FCC, cuenta actualmente con 72 años de edad y ha venido ejerciendo sus actividades en este campo desde 1915, año en que fué nombrado asesor jurídico de la Oklahoma Corporation Commission. El Presidente Franklin D. Roosevelt lo designó para formar parte de la Federal Communications Commission al crearse ésta en 1934.

(Fuente : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Distinción. — Por su importante contribución a la solución de los numerosos problemas que plantea la transmisión por cable submarino y, especialmente, por haber dirigido la construcción e instalación de repetidores electrónicos sumergidos, el Sr. C. H. Cramer, ingeniero adjunto de la sección de estudios técnicos sobre transmisiones de la Western Union Company, ha sido nombrado miembro honorario del American Institute of Electrical Engineers.

Los estudios científicos del Sr. Cramer figuran en gran número de actas de la AIEE. Uno de sus últimos estudios titulado « Repetidores sumergidos para cables telegráficos submarinos de gran longitud » obtuvo el segundo premio de la División de Comunicaciones en 1951.

(Fuente : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Red de líneas de telecomunicación. — En virtud de Decreto del Gobierno español de 5 de febrero del año en curso, la Compañía Internacional de Radio Española, S. A. se ha hecho cargo en 1º de julio de los circuitos radioeléctricos Madrid-Buenos Aires y Madrid-Nueva York, precedentemente explotados por la Sociedad Anónima Radio Argentina.

La primera de dichas compañías asume desde 1º de enero de 1953 cuantas obligaciones y derechos correspondían a la Sociedad Anónima Radio Argentina.

El cambio de empresa no influye para nada en la mención de vía de los telegramas enviados por los circuitos explotados ahora por la Compañía Internacional de Radio Española ; se mantiene, pues, la antigua mención « vía Radiar ».

— Se han abierto al público los siguientes circuitos :

Un circuito radiotelegráfico directo entre Lima (Perú) y Viena, el 1º de septiembre.

Un circuito radiotelefónico directo, el 18 de agosto, entre Poona (India) y Nairobi (Egipto).

Un circuito radiotelefónico directo entre Tokio y Bangkok, el 21 de septiembre.

(Fuente : *Comunicaciones oficiales*)

* * *

Extensión de la red telegráfica automática. — La Western Union Telegraph Company ha puesto en servicio en Chicago una nueva y rapidísima red telegráfica automática que permite transmitir un mensaje y recibir la respuesta en 60 segundos. La red la utilizan nueve importantes compañías aéreas con objeto de reducir el tiempo que requiere la reservación de asientos.

Con este nuevo sistema alámbrico, primero de este género instalado en el país, basta con que la operadora de una de las compañías marque un solo número en el disco para ponerse en comunicación con otra de las compañías, y que escriba luego la petición en un teleimpresor de la Western Union. El resto de la operación es completamente automático y la transmisión del mensaje se efectúa a razón de 75 palabras por minuto. Como el teclado está compuesto de palabras en clave y la inmensa mayoría de los mensajes no exceden de 10 letras, su transmisión requiere muy pocos segundos.

(Fuente : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Circuito por microondas. — Desde el 6 de julio último, la Peninsular Telephone Company, Tampa, Fla., es la primera compañía telefónica independiente de los Estados Unidos que ha puesto en servicio un circuito por microondas conectado al sistema nacional interurbano automático.

El circuito por microondas, que proporciona 23 canales telefónicos, cubre una distancia de 40 millas entre las oficinas centrales que posee la citada Compañía en Tampa y Bartow, con una estación retransmisora en Highland City.

(Fuente : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Servicio telefónico móvil marítimo. — A petición de la Federal Communications Commission, la « Radio Technical Commission for Marine Services » ha creado una comisión especial encargada de estudiar el problema relativo a proporcionar frecuencias de trabajo mundiales comunes al servicio telefónico móvil marítimo en la banda de frecuencias 2000-2850 kc/s.

El informe de la RTCM se utilizará para determinar la posición que adoptarán los Estados Unidos de América en la próxima conferencia administrativa internacional de radiocomunicaciones, cuya fecha no ha sido fijada todavía.

(Fuente : *Wire and Radio Communications*)

* * *

Los servicios de telecomunicaciones en Dinamarca. — Según el informe de gestión de la Dirección General de Correos y Telégrafos de este país, correspondiente al ejercicio económico 1952-1953, el tráfico telegráfico ha disminuído en un 5 %. La disminución se refiere principalmente al tráfico interior, inferior en un 7,4 % al del año precedente.

En el servicio telex el tráfico ha aumentado considerablemente. El número de unidades computadas en las comunicaciones telex del servicio interior aumentó en un 29 %, y en las del servicio internacional, en un 54 %.

También ha aumentado el tráfico telefónico en los servicios nacional e internacional. Las conversaciones registradas en la red interurbana del Estado acusan, en efecto, un aumento del 7,6 % ; las de salida efectuadas con el extranjero, un aumento del 7,7 %, y las de entrada, uno de un 9,1 %. En el servicio automático, el número de unidades de conversación registradas arroja un aumento del 7,3 %.

En el curso del mismo ejercicio se emprendió la construcción de varios nuevos edificios de correos y telégrafos, y otros han sido objeto de importantes transformaciones y ampliaciones.

En julio de 1952 se inauguró el cable coaxial Dinamarca-Suecia. El aumento de comunicaciones telex ha obligado también a ampliar esta red. Asimismo se ha ampliado la explotación automática de la red telefónica del Estado de Jutlandia del Sur.

El número de oficinas telegráficas se eleva a 1071 y a 4100 el de los habitantes servidos por término medio por cada oficina.

El servicio telefónico local del Estado de Jutlandia del Sur cuenta con 97 oficinas centrales.

Los ingresos y gastos de los servicios de Correos y Telégrafos en los dos últimos ejercicios han sido los siguientes :

	Ingresos	*Gastos*	*Superávit*
	(En coronas)		
1952-1953	248 668 000	235 701 000	12 967 000
1951-1952	216 947 000	216 173 000	774 000

El aumento de gastos se debe principalmente al personal, a los servicios técnicos, a los intereses del capital y a amortizaciones. La cuarta parte aproximadamente de los ingresos se invierte en los servicios telegráfico, telefónico y telex.

Los gastos de personal representan un total de 165,3 millones de coronas, o sea el 70 % de los gastos totales.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

Los servicios portugueses de telecomunicaciones en 1952. — En 1952 ha disminuído el tráfico telegráfico en un 3,9 %. El telefónico ha aumentado, en cambio, en un 11,8 %, habiéndose registrado 5 013 400 conversaciones más, de las cuales 3 361 000 urbanas (+ 11,3 %), y 1 710 000 interurbanas (+ 13,6 %).

También ha aumentado el servicio telefónico con los territorios de Ultramar, de reciente creación, pasando el número de conversaciones de 1800 a 7200.

El servicio telegráfico ferroviario se ha suprimido por no utilizarse.

Para mantener en buen estado el servicio telefónico, se ha adoptado un sistema de control directo por medio de llamadas de sondeo emitidas desde Lisboa.

La Companhia Portuguesa Radio Marconi ha ampliado la red radiotelefónica con el exterior, estableciéndose así comunicaciones telefónicas entre Madera y las islas Terceira, Faial y S. María ; entre la isla del Pic y las islas Terceira, S. Miguel y S. Maria, y entre la ciudad de Goa y el continente y las islas próximas. Se ha restablecido también el servicio telefónico con Finlandia.

La lista de abonados de la red telefónica nacional ha empezado a publicarse en 5 volúmenes.

Señalemos aún que el equipo automático de la central de Viana do Castelo tiene una capacidad para 800 abonados, y el de Evora, para 1600 ; las centrales inter-

urbanas manuales de Setubal y Braga han sido reemplazadas por centrales automáticas. Inaugurado el grupo de redes automáticas de Figueira da Foz, su capacidad ha pasado de 720 a 1200 abonados. En el mes de junio se inauguró el cable telefónico subterráneo Porto-Braga, con 150 circuitos entre Porto y Famalicâo, y 74 entre este último punto y Braga. Entre Faro y Clhâo se ha tendido un cable subterráneo con 74 circuitos.

En total se han instalado 7981 nuevos aparatos telefónicos de abonado y 291 públicos ; como han sido unidas a la red otras 245 localidades, el número total de las servidas asciende a 1934. Se han ampliado los trayectos regionales e interurbanos y se han construído 23 992 km de circuitos.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

El servicio telefónico en Nigeria. — Con una superficie de 1 075 000 km² y una población de 31 millones de habitantes, este país disponía a fines de marzo de 1953 de 92 oficinas telefónicas centrales, 1 de ellas automática. Las líneas de abonados conectadas con estas oficinas ascendían a 8179 y 310, respectivamente.

Existían, además, 114 teléfonos públicos. El número de circuitos telefónicos interurbanos interiores era de 115.

En el curso del ejercicio 1952-1953, se registraron 24 501 508 conversaciones urbanas y 381 896 interurbanas tasadas.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

Radiodifusión. — *República Federal Alemana.* — Al terminar el primer semestre de 1953, existían en esta República, comprendido Berlín-Oeste, más de 11,8 millones de abonados a la radiodifusión, y 2705 a la televisión.

(Fuente : *FTZ Fernmeldetechnische Zeitschrift*)

— *Israel.* — Después de una serie de emisiones experimentales que venían efectuándose desde 1932, la radiodifusión se inauguró oficialmente en Israel en 1936. Hoy día cuenta con tres servicios : dos oficiales (Kol Israel Broadcasting Service y « Caley Zahal ») y uno semioficial (Kol Zion Laagolah).

El servicio principal (Kol Israel) se divide en dos, técnico y de programas, dependientes ambos del Ministerio de CTT y del Presidente del Consejo y, por delegación de éste, del Director de Información. La sección técnica está constituída por 115 personas, y la de programas por 175. Son grabados cerca del 70 % de los programas. No existe radiodifusión comercial ni una legislación de conjunto en materia radiofónica.

(Fuente : *Bulletin de documentation et d'information UER*)

— *Suiza.* — A fines de agosto había en Suiza 1 142 018 receptores de radio, 219 384 de los cuales abonados a la teledifusión. Desde 1º de enero de este año el aumento ha sido de 22 176 aparatos.

(Fuente : *Comunicación oficial*)

* * *

La televisión en Suiza. — Según un discurso recientemente pronunciado en Zurich por el Sr. Weber, Director General de CTT, con ocasión de la exposición de la radio y de la televisión, en Suiza se están haciendo estudios para establecer la necesaria relación entre este país y los Estados del Norte y del Oeste de Europa.

El período de tres años de ensayos en Zurich preciso para incorporar a Suiza a la red europea irá seguido de la implantación de un servicio regular de televisión que ha de comprender la totalidad del territorio suizo.

No habrá, por consiguiente, intervalo alguno entre este período de ensayos y la explotación de la televisión. Si las experiencias lo permiten, ya durante ellas se conectarán ciertas regiones con la emisora de Utliberg. Las emisiones hasta ahora efectuadas demuestran la posibilidad de implantar la televisión incluso en un país tan accidentado como la Confederación Suiza, siempre que se utilicen juiciosamente los medios técnicos existentes.

Al comenzar el invierno, el estudio de Zurich dispondrá de las cámaras móviles necesarias para el servicio de actualidades filmadas. Como las actualidades constituyen una parte esencial de las emisiones de televisión, en la primavera de 1954 se pondrá en servicio una camioneta especial para reportajes. Aparatos móviles de ondas dirigidas establecerán la comunicación necesaria entre el coche y la emisora. Naturalmente, estos mismos aparatos de ondas dirigidas podrán utilizarse también en las relaciones con los Estados vecinos para el intercambio de programas de tránsito.

Suiza dispondrá también dentro de unos meses de un circuito fijo por haces hertzianos que por Alemania llegará a Francia, Bélgica, Países Bajos y Gran Bretaña.

En principio, no se concederán permisos para la recepción pública de emisiones de televisión. En el actual estado de la técnica, la televisión no se presta a la recepción en grandes locales, razón por la cual sólo se prevé la recepción en el seno de las familias. Pero esto no es óbice para que la Administración de CTT, en ciertos casos y con fines particulares, conceda autorizaciones temporales de recepción pública. La concesión de una instalación de televisión dará, sin embargo, a su titular el derecho de hacer demostraciones públicas de los aparatos.

(Fuente : *Tribune de Genève*)

* * *

Operadores de radiocomunicaciones aficionados. — La « American Radio Relay League », organización de operadores aficionados, celebró su séptima Asamblea nacional en Houston, Tex., del 10 al 12 de julio último. Los debates versaron sobre las comunicaciones a gran distancia, y sobre la utilización de los equipos radioeléctricos móviles e instalaciones que funcionan en ondas métricas.

(Fuente : *Wire and Radio Communications*)

Calendario de las conferencias y reuniones de la UIT últimamente celebradas y futuras

Fecha	*Título*	*Lugar*
1953		
30 septiembre-7 octubre . . .	**Comité Consultivo Internacional Telefónico (CCIF) :** Subcomisión permanente de mantenencia	Ginebra
1º/10 de octubre .	4ª Comisión de estudio (Aparatos de abonado)	
8/10 de octubre	5ª Comisión de estudio (Circuitos radiotelefónicos)	
12/31 de octubre .	3ª Comisión de estudio (Transmisión por líneas)	
22/24 de octubre .	Comisión para los ensayos de explotación telefónica semiautomática internacional (CEA)	
26/31 de octubre .	8ª Comisión de estudio (Señalización y conmutación)	
3/11 de noviembre	1ª Comisión de estudio (Protección de los circuitos telefónicos contra las perturbaciones)	
12/18 de noviembre	2ª Comisión de estudio (Protección de la envoltura de los cables contra la corrosión).	
3 de septiembre-9 de octubre . .	**Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) :** VII reunión de la Asamblea plenaria	Londres
1954		
1º de mayo . . .	**Consejo de Administración de la UIT (9ª Reunión)**	Ginebra
otoño	**Comité Consultivo Internacional Telefónico (CCIF) :** XVII reunión de la Asamblea plenaria	Ginebra

BIBLIOGRAPHIE · BIBLIOGRAPHY · BIBLIOGRAFÍA

Publications périodiques en langue française
Periodical publications in French
Publicaciones periódicas en lengua francesa

Annales des télécommunications, 24, rue Bertrand, Paris 7e. Année 1953. **N° 8/9.** P. 267-270. *Chavasse, P., Pimonow, L.* Comparaison d'étalonnages de microphones avec utilisation de fréquences pures et de bruits. — P. 271-298. *Teszner, S., Seguin, P., Millet, J.* Complexes de semi-conducteurs formant résistances non linéaires. — P. 299-308. *Sadoun, B.* Propagation des ondes métriques à grande distance.

Bulletin scientifique A.I.M., rue St-Gilles 31, Liège. Année 1953. **N° 6.** P. 391-500. *Mirguet, P.* Sur la détermination exacte des petits angles de pertes des isolants aux fréquences électrotechniques. Contribution à l'étude de l'angle de pertes des huiles isolantes.

Bulletin de la Société belge des électriciens, 1, place du Trône, Bruxelles. Année 1953. **N° 2.** P. 71-75. *Hoyaux, M.* Les communications interplanétaires sont-elles pour demain ?

Bulletin de la Société française des électriciens, avenue Pierre-Larousse 8-14, Malakoff (Seine). Année 1953. **N° 32.** P. 466-468. Problèmes par l'utilisation des tubes à vide : A. Dans les équipements de câbles téléphoniques ; B. Dans les équipements de faisceaux hertziens. — P. 469-479. *Bayard, H.* La formation des ingénieurs électriciens aux USA. — P. 495-505. *Rabel, A.* Application du béton précontraint à la construction des poteaux et pylônes pour lignes aériennes.

Electro Magazine, Cie française d'éditions, 40, rue du Colisée, Paris 8e. Année 1953. **N° 23.** P. 10-12. Les thermistances. — P. 21-22. *Berneuil, R.* Prévenir l'incendie : détection électronique des combustions. — P. 30-32. Le 3e Congrès international d'électrothermie.

Haut-Parleur (Le), rue Louis-le-Grand 25, Paris. Année 1953. **N° 947.** P. 12-13. *Juster, F.* Antennes varidirectionnelles. — P. 25. *Savenay, R.* Cours de radio pour le profane. — P. 26. L'ABC de la télévision.

Indicateur Universel des P.T.T., 6, rue Le Goff, Paris 5e. Année 1953. **N° 380.** P. 3-6. Un abonné modèle. — P. 7-8. Le développement du téléphone en France. — P. 15-18. *Ferri, P.* Le Conseil technique des PTT.

Onde électrique (L'), 40, rue de la Seine, Paris, 6e. Année 1953. **N° 316.** P. 407-413. *Leven, J. J.* Aspects actuels des applications industrielles de la haute fréquence en France. — P. 414-420. *Larguier, R.* Précision des variateurs-régulateurs de vitesse à thyratrons. — P. 421-425. *Guyot, C.* Deux applications de mesure de constante diélectrique aux fréquences radioélectriques dans l'industrie du pétrole. — P. 426-430. *Laplume, J.* Les possibilités des diodes et redresseurs au germanium. — P. 431-434. *Vallantin, B.* Les compteurs Geiger à basse tension. — P. 435-441. *De Saint André, R.* Le comptage par tubes compteurs décimaux. — P. 442-452. *Pottier, J., Lavaitte, A.* Les régulateurs de courants et de tensions.

P.T.T. Informations, 6, rue Le Goff, Paris 5e Année 1953. **N° 214.** P. 1, 4. L'équipement et les moyens de financement des PTT.

Télévision, Société des éditions Radio, rue Jacob 42, Paris 6e. Année 1953. **N° 36.** P. 196-200, 214. *Garcin, J.* Récepteur universel — Radio et télévision, toutes définitions et toutes gammes. — P. 212-214. *Schreiber, H.* Modulation de fréquence. — P. 222-225. *Martin, A. V. J.* Télévision service (Quelques pannes de l'antenne).

Toute la radio, 9, rue Jacob, Paris 6e Année 1953. **N° 178.** P. 263-266. *Deschepper, R.* La mise au point des récepteurs FM. — P. 267-270. *Laboriosus.* Un point particulier de la technique FM : La détection. — P. 270-272. *De Gouvenain, A.* Les circuits « en hélice ». — P. 273-277. *Schreiber, H.* Les modulateurs de fréquence.

Publications périodiques en langue anglaise
Periodical publications in English
Publicaciones periódicas en lengua inglesa

Electrical Review (The), Dorset House, Stamford Street, London, S.E.1. Year 1953. **No. 11.** P. 564-567. British Association—The value of pure science.

No. 12. P. 647. B.B.C. Activities (Plans to complete television coverage).

Ericsson Review, Stockholm 32. Year 1953. **No. 2.** P. 34-39. *Hansson, K. G.* Maintenance of crossbar switch exchanges. 621.395.004.5. — P. 40-44. *Frenning, J.* New loading coils. 621.318.42—621.315.2.054.3. — P. 45-49. *Hedén, A.* L.M. Ericsson's emergency telephone system. 621.395.9 : 654.147.2. — P. 50-53. *Sohlberg, C. O.* 30-Line selector for small automatic telephone exchange. 621.395.2. — P. 54-55. *Wiberg, E. A.* New coupling components. 621.315.67. — P. 56-58. Static frequency converters for track circuits. 621.314.26 : 656.259.12. — P. 59-60. *Henckel, A.* A heavy duty protector for outdoor installation. 621.316.923.

G. E. C. Journal, published by « The General Electric Company Limited », Magnet House, Kingsway, London. Year 1953. **No. 3.** P. 144-150. *Missen, J. I.* A crystal triode push-pull amplifier.

Journal of the Franklin Institute, Benjamin Franklin Parkway at Twentieth St. Philadelphia 3, Penna. Year 1953. **No. 1532.** P. 129-146. *Klinger, H. H.* Applications of microwaves in scientific research.

Nucleonics, 212 East York St., York, Pa. USA. Year 1953. **No. 7.** P. 8-11. *Levin, J. S., Hughes, D. J.* Flux depression and self-protection in the production of radiocobalt. — P. 16-19. *Kohl, D. A.* A multiple-counter system for isotope encephalometry. — P. 27-31. *Miller, E. C.* Zirconium : A structural material for nuclear reactors. — P. 32-38. *Rosen, L.* Nuclear emulsion techniques for the measurement of neutron energy spectra. — P. 39-43. *Goldstein, H.* Neutron data needed for shielding and reactor design. — P. 48-50. *Gold, L.* Distribution of radioactivity in labeled polymers.

Publications périodiques en langue espagnole
Periodical publications in Spanish
Publicaciones periódicas en lengua española

Revista del Ministerio de Comunicaciones, Correo Central, 2º Piso, Buenos Aires, Año 1953. **No. Mayo-Junio-Julio/Agosto.** P. 33. El Dr. Marco Aurelio Andrada ha sido designado Secretario General de la « Unión Internacional de Telecomunicaciones ». — P. 73-83. *Gertsch, R., Koelliker, H.* Veinte años de estadísticas sobre defectos de los cables.

Revista telegráfica electrónica, Avenida Perú 165, Buenos Aires, Año 1953. **No. 491.** P. 451-456. *Ciancaglini, H. R.* La electrónica en la soldadura eléctrica de punto y costura. — P. 457-459. *Cavallero, L. J.* Preamplificador para el amplificador de alta calidad « Williamson ». — P. 460-462. *Poledo, J. E.* Un buen triplicador de frecuencias para la banda de 420-450 Mc/s. — P. 463-466. *Coblenz, A., Owens, H. L.* Transistrones : Teoría y aplicación — Parte II — Los niveles de la energía en la electrónica del transistrón. — *Schweimer, K. P.* Un nuevo sistema de transmisión para teleimpresores. — P. 475-476. Hojeando revistas. — P. 477-478. *De Forest, L.* El futuro del transistrón.

Publications périodiques en langue allemande
Periodical publications in German
Publicaciones periódicas en lengua alemana

Fernmelde-Praxis, Franz Westphal-Verlag. Wolfshagen-Scharbeutz, Lübecker Bucht. Jahrgang 1953. **Nr. 16.** S. 593-597. *Kremer, H.* Planung von Fernmeldeortsnetzen. 621.395.74. — S. 598-600. *Precht, H.* Einrichtung für die Überwachung von Zweieranschlüssen. 621.395.331.3. — S. 601-605. *Höhnle, A.* Einige praktische Winke für die Benutzung des Rechenstabes. — S. 610-615. *Füllgrabe, W.* Der Aufbau und die Verlegung der isolierten Leitungen und Innenkabel in Fernmeldeanlagen der Deutschen Bundespost. — S. 627-631. Pioniere des Nachrichtenwesens.

Frequenz, Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik, Fachverlag Schiele & Schön, Boppstrasse 10, Berlin SW 29. Jahrgang 1953. **Nr. 8.** S. 217-226. *Rettenberger, J.* Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit doppelt gemischter Bündel. — S. 226-232. *Benda, H.* Die Emissionskonstanten von Metall-Kapillar-Kathoden. — S. 233-239. *Behrmann, H.* Resonanzkurven von Tastschwingungsmessgeräten und ihre Beziehung zu denen anderer Schwingungsmesser. — S. 239-244. *Bosse, G.* Die Berechnung des Spektrums bei Vielkanal-Richtfunkverbindungen mit Frequenzmodulation.

FTZ Fernmeldetechnische Zeitschrift, Burgplatz 1 (20 b), Braunschweig. Jahrgang 1953. **Nr. 8.** S. 346-352. *Dillenburger, W.* Die Eigenschaften der Orthikonkamera und Gesichtspunkte für ihre Entwicklung. 621.397.5. — S. 353-372. *Knöpfel, W., Gutzmann, F., Stepp, W.* Planung des Rundfunksendernetzes im Ultrakurzwellenbereich für Hörrundfunk und Fernsehen. — S. 373-378. *Grosskopf, J.* Statistische Untersuchungen an Kurzwellenübertragungswegen. 621.396.81. — S. 379-384. *Kobierski, H. v.* Die UKW-Funksprechtechnik im Verkehrswesen. 621.396.9. — S. 385-388. *Scholz, W.,* Fortschritte der Funk-Entstörung. 621.396.82. — S. 389-395. *Kirschstein, F.* Die Fernübertragung von Funk-Messbildern (Radar-Relay). 621.396.933. — S. 396-401. *Heinecke, E., Hornung, H.* Die 10-kW-Fernsehsenderanlage Feldberg (Taunus). 621.397.61. — S. 401-405. *Urtel, R., Jekelius, K.* Modulationsverstärker und videofrequente Überwachungseinrichtungen. 621.397.7.

Zeitschrift für das Post- und Fernmeldewesen, Josef Keller Verlag. Elisabethstrasse 4, Düsseldorf. Jahrgang 1953. **Nr. 18.** S. 703-704. Die Situation der internationalen Telegraphie.

Publications périodiques en langue italienne
Periodical publications in Italian
Publicaciones periódicas en lengua italiana

Elettrotecnica (L'), Via S. Paolo 10, Milano. Anno 1953. **Nº 7.** P. 330-345. *Niccolai, L.* Sulle norme per la protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti nocivi provocati da impianti ad A.T.

Poste e Telecomunicazioni, Ministero delle Comunicazioni, Viale Trastevere 189, Roma. Anno 1953. **Nº 7.** P. 315-327. *D'Addio, E.* Relè termici a lamina bimetallica ; analisi teorica del funzionamento. — P. 328-336. *Marcucci, V.* Guide cave.

Rassegna postelegrafonica, via Agrigento 6, Roma. Anno 1953. **Nº 7/8.** P. 100-101. La II Festa dell'Amministrazione P.T.T. celebrata in tutta Italia. — P. I-XII. Disposizioni varie sul servizio dei telegrammi.

Publications périodiques en plusieurs langues
Periodical publications in more than one language
Publicaciones periódicas en diversas lenguas

Bulletin de l'Association suisse des électriciens, Seefeldstrasse 301, Zurich 8. Année 1953. **Nº 17.** P. 761-768. *Hauri, E.* Zur Theorie der Triodenoszillatoren mit koaxialen Resonatoren. 621.385.3.029.6 : 621.396.615.14. — P. 775-779. *Killer, J.* Entwicklung im Mastfundamentbau. 621.315.66.002.73. — P. 779-781. *Dünner, E.* Vom Ingenieurnachwuchs in der Elektrotechnik. 378.962.

No. 18. P. 807-813. Commission électrotechnique internationale (CEI).

Revue des PTT - PTT-Zeitschrift - Rivista PTT, Administration des postes, télégraphes et téléphones suisses, Berne. Année 1953. **Nº 9.** P. 321-327. *Schäublin, W.* Das Telephon in Schweden. — P. 343-345. *Bleiker, E.* Aperçu du recrutement des apprentis postaux et télégraphistes et des apprenties postales (Sguardo retrospettivo al reclutamento alunni telegrafisti e apprendiste postali).

Publications du Secrétariat général de l'Union internationale des télécommunications, Genève

Les commandes de documents adressées au Secrétariat général étant sujettes au paiement préalable, il y a lieu de verser le prix des documents commandés, *en francs suisses, en même temps que les commandes sont effectuées.*

Les frais de port et d'emballage sont inclus dans les prix indiqués.

Tous les documents mentionnés ci-après sont publiés en langue française (**F**) ; en outre, ceux qui sont publiés dans d'autres langues officielles de l'Union (éditions multilingues ou éditions en langues séparées) sont caractérisés ci-dessous par :

(E) publié aussi en anglais ;
(S) publié aussi en espagnol ;
(R) publié aussi en russe ;
(C) publié aussi en chinois.

Le Secrétariat général de l'Union vendant ses publications à un prix ne comportant ni bénéfice, ni les frais usuels de remise, aucun rabais ne peut être accordé aux libraires.

Publications of the General Secretariat of the International Telecommunication Union, Geneva

All documents ordered from the General Secretariat must be paid for in advance ; amounts due should be sent to the Secretariat *in Swiss francs at the same time as the orders.*

In the prices quoted, carriage is free.

All the documents listed below are published in French (**F**). Those which are also published in the other official languages of the Union (separate or joint editions) are shown as follows :

(E) also published in English ;
(S) also published in Spanish ;
(R) also published in Russian ;
(C) also published in Chinese.

As the General Secretariat of the Union sells its publications on a non-profit and non-discount basis no reduction can be made to booksellers.

Publicaciones de la Secretaría General de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra

Como los pedidos de documentos dirigidos a la Secretaría General están sujetos al pago anticipado, conviene que el importe de los documentos solicitados se envíe, *en francos suizos, al mismo tiempo que los pedidos.*

Los gastos de porte y de embalaje van incluídos en los precios indicados.

Todos los documentos que a continuación se mencionan se publican en francés (**F**) ; los que son publicados en otros idiomas oficiales de la Unión (ediciones multilingües o ediciones en idiomas separados) llevan una de las siguientes indicaciones :

(E) publicado también en inglés ;
(S) publicado también en español ;
(R) publicado también en ruso ;
(C) publicado también en chino.

Teniendo en cuenta que la Secretaría General de la Unión vende sus publicaciones a un precio en el que no se tiene en cuenta margen alguno para beneficios o descuentos, no puede concederse ninguna rebaja a los libreros.

I. Publications du Conseil d'administration de l'Union

Résolutions du Conseil d'administration de l'Union internationale des télécommunications :

4e session, Genève, août-septembre 1949. Prix 4 fr. (Editions en langue séparées **F, E, S, R**).
5e session, Genève, septembre-octobre 1950. Prix 5 fr. 25 (Editions en langues séparées **F, E, S**).
6e session, Genève, avril-mai 1951. Prix 8 fr. 80. (Editions en langues séparées **F, E, S**).
7e session, Genève, avril-juin 1952. Prix 10 fr. 80 (Editions en langues séparées, **F, E, S**).
8e session, Genève, mai-juin 1953. Prix 9 fr. 20 (Editions en langues séparées **F, E, S**).

II. Publications concernant les services télégraphique et téléphonique

Documents des conférences

Londres, 1903. Un volume in-4°. Prix 23 fr. 50 (**F**).
Lisbonne, 1908. Un volume in-4°. Prix 23 fr. 50 (**F**).
Paris, 1925. Deux volumes in-4°. Ensemble 12 fr. 70 (**F**).
Cortina d'Ampezzo, 1926. (Documents du Comité d'étude du langage convenu.) Un volume in-4°. Prix 7 fr. 50 (**F**).
Bruxelles, 1928. Un volume in-4°. Prix 6 fr. (**F**).
Madrid, 1932. Deux volumes in-4°. Ensemble 39 fr. (**F**).
Le Caire, 1938. Deux volumes in-4°. Ensemble 25 fr. 20 (**F**).

Règlements et tableaux

Règlement télégraphique (revision de Paris, 1949) annexé à la Convention internationale des télécommunications (Atlantic City, 1947) et Protocole final audit règlement. Prix (**F**) 4 fr. 35, (**E**) 4 fr. 35, (**S**) 25 fr. 65, (**R**) 10 fr. 75.

Règlement téléphonique (revision de Paris, 1949) annexé à la Convention internationale des télécommunications (Atlantic City, 1947). Prix (**F**) 2 fr. 10, (**E**) 3 fr. 80, (**S**) 14 fr. 70.

Tableau A, régime européen (taxes télégraphiques élémentaires fixées pour servir à la formation des tarifs européens, en exécution de l'article 27 du Règlement télégraphique international de Paris, 1949). 1re édition, 15 mai 1950. Prix 10 fr. 25 (Editions en langues séparées **F, E**) (épuisé).

Tableau B, régime extra-européen (taxes télégraphiques élémentaires fixées pour servir à la formation des tarifs extra-européens, en exécution de l'article 28 du Règlement télégraphique international de Paris, 1949). 2e édition, 15 mars 1952. Prix 37 fr., y compris les suppléments nos 1 à 15 (Editions en langues séparées **F, E**) (Texte français épuisé).

Tableau C des taxes du régime européen (taxes en centimes de franc-or). 1re édition, 1er juin 1950. Prix 0 fr. 80 (Editions en langues séparées **F, E**).

Tableau indiquant la manière dont sont traités, par les diverses administrations et par les exploitations privées, les télégrammes en langage secret, les télégrammes spéciaux, les télégrammes de presse, etc., dont l'acceptation est facultative aux termes du Règlement télégraphique international (revision de Paris, 1949). **(Tableau rouge.)** Prix 10 fr. (Edition trilingue **F, E, S**).

Dictionnaire télégraphique officiel de l'Administration chinoise pour les télégrammes originaires ou à destination de la Chine. Prix 3 fr. 60 (Edition bilingue **F, C**).

Recueil indiquant la suite donnée par les diverses administrations et exploitations privées aux dispositions facultatives des Règlements télégraphique et téléphonique de Paris, 1949 (2e série. Prix **(F)** 11 fr. 70, **(E)** 11 fr. 70, **(S)** 109 fr. 70.

Cartes

Cartes schématiques des voies de communication télégraphiques internationales, 1953. Prix 14 fr. (Edition trilingue **F, E, S.**)

Atlas des lignes internationales de télécommunications à grande distance d'Europe, septembre 1948. Prix 11 fr. 50.

Nomenclatures officielles

Nomenclature des câbles formant le réseau sous-marin du globe. Brochure in-4°, 15e édition, 1951. Prix avec l'abonnement aux suppléments : 6 fr. 80 (Edition trilingue **F, E, S**).

Nomenclature des circuits téléphoniques internationaux. Brochure in-4° de 302 pages, octobre 1948. Prix 14 fr. 50 **(F)**.

Nomenclature des voies de radiocommunication entre points fixes. Brochure in-4°, 1951. Prix avec l'abonnement aux suppléments nos 1 à 5 : 9 fr. 30 (Edition trilingue **F, E, S**).

Nomenclature officielle des bureaux télégraphiques. 19e édition 1951. Texte français avec préface disponible en langues française, allemande, anglaise, espagnole, italienne, néerlandaise, polonaise, et en trois langues (française, allemande et italienne). Prix de l'exemplaire broché, avec l'abonnement aux annexes qui paraîtront jusqu'à la prochaine édition : 46 fr. 30 (exemplaire cartonné : 49 fr. 75).

Liste

Liste des voies de communication télégraphiques internationales (1951-1952), avec suppléments nos 1 à 6. Prix 12 fr. 50 (Edition trilingue **F, E, S**).

Statistiques

Statistique générale de la télégraphie. Le 1er volume, 1871 (années 1849 à 1869). Prix 5 fr. 50. A partir de 1870, un fascicule chaque année.

Années 1870 à 1930, prix 0 fr. 60 **(F)**. Année 1931, prix 1 fr. 60 **(F)**.
Année 1932, prix 1 fr. 40 **(F)**. Années 1933 à 1936, prix 1 fr. **(F)**.
Année 1937, prix 1 fr. 10 **(F)**. Année 1938, prix 1 fr. 20 **(F)**.
Années 1939 et 1940, prix 0 fr. 90 **(F)**. Année 1941, prix 0 fr. 85 **(F)**.
Année 1942, prix 0 fr. 60 **(F)**. Année 1943, prix 0 fr. 60 **(F)**.
Année 1944, prix 1 fr. **(F)**. Année 1945, prix 1 fr. 30 **(F)**.
Année 1946, prix 1 fr. 40 **(F)**. Année 1947, prix 8 fr. 40 (Editions en langues séparées **F, E, S**).
Année 1948, prix **(F)** 3 fr. 55, **(E)** 3 fr. 55, **(S)** 9 fr. 50.
Année 1949, prix **(F)** 5 fr. 30, **(E)** 5 fr. 30, **(S)** 14 fr.
Année 1950, prix **(F)** 5 fr. 80, **(E)** 5 fr. 80, **(S)** 15 fr. 45.
Année 1951, prix **(F)** 7 fr., **(E)** 7 fr., **(S)** 17 fr. 30.
(Années 1877 à 1883, 1890, 1892, 1893 et 1920 épuisées.)

Statistique générale de la téléphonie. A partir de 1893, un fascicule chaque année.

Années 1895 à 1930, prix 0 fr. 60 **(F)**. Années 1931 et 1932, prix 1 fr. 20 **(F)**.
Années 1933 à 1937, prix 1 fr. **(F)**. Année 1938, prix 1 fr. 15 **(F)**.
Années 1939 et 1940, prix 0 fr. 90 **(F)**. Année 1941, prix 0 fr. 75 **(F)**.
Année 1942, prix 0 fr. 65 **(F)**. Année 1943, prix 0 fr. 60 **(F)**.
Année 1944, prix 1 fr. **(F)**. Année 1945, prix 1 fr. 60 **(F)**.
Année 1946, prix 2 fr. 50 **(F)**. Année 1947, prix 1 fr. 60 **(F)**.
Année 1948, prix **(F)** 6 fr. 10, **(E)** 10 fr., **(S)** 19 fr. 90.
Année 1949, prix **(F)** 5 fr. 10, **(E)** 7 fr. 35, **(S)** 15 fr. 10.
Année 1950, prix **(F)** 10 fr. 20, **(E)** 10 fr. 20, **(S)** 24 fr.
Année 1951, prix **(F)** 5 fr. 60, **(E)** 5 fr. 60, **(S)** 14 fr. 85.
(Années 1893, 1894, 1895, 1897 et 1905 épuisées.)

III. Publications concernant le service des radiocommunications

Documents des conférences

Londres, 1912. Un volume in-4°. Prix 6 fr. **(F)**.

Washington, 1927. Deux volumes in-4°. Ensemble 11 fr. 50 **(F)**.

Prague, 1929. Un volume in-4°. Prix 2 fr. **(F)**.

Madrid, 1932. Deux volumes in-4°. Ensemble 13 fr. 50 **(F)**.

Lucerne, 1933. Un volume in-4°. Prix 29 fr. **(F)**.

Le Caire, 1938. Deux volumes in-4°. Ensemble 37 fr. 20 **(F)**.

Montreux, 1939. Un volume in-4°. Prix 27 fr. 80 **(F)**.

Recueil de documentation de la Conférence européenne de radiodiffusion, Copenhague, 1948. Prix 8 fr. (Editions en langues séparées **F, E, R**).

Recueil de documentation de la Conférence régionale européenne du service mobile radiomaritime, Copenhague, 1948. Prix 7 fr. 80 (Editions en langues séparées **F, E, R**).

Table analytique des matières traitées dans les documents de la Conférence internationale des radiocommunications d'Atlantic City (1947). Prix 2 fr. 30 (Editions en langues séparées **F, E**). Les documents n'ont pas été publiés.

Actes finals de la Conférence administrative des radiocommunications pour la **Région I,** Genève, 1949. Prix 20 fr. (Edition bilingue **F, E**).

Région 2. Rapport pour la Conférence internationale administrative des radiocommunications aéronautiques, Deuxième session, Washington, 1949. Prix 36 fr. 10 (Edition trilingue **F, E, S**).

Région 2. Résolutions et Recommandations adoptées à Washington, 1949. Prix 3 fr. 50 (Edition trilingue **F, E, S**).

Actes finals de la Conférence administrative des radiocommunications pour la **Région 3,** Genève, 1949. Prix 26 fr. 50 (Edition bilingue **F, E**).

Actes définitifs de la Conférence administrative spéciale de l'Atlantique nord-est (Loran), Genève, 1949. Prix 3 fr. 20 (Edition bilingue **F, E**).

Actes finals de la Conférence européenne de radiodiffusion, Stockholm, 1952. Prix 16 fr. 70 (Editions en langues séparées **F, E, S**).

Conventions, règlements, tableaux

Projet de Convention et de Règlement élaboré par la Conférence de Washington en 1920. Revisé à l'aide des conclusions du Comité technique de radiocommunications réuni à Paris en 1921 (brochure grise). Prix 5 fr. 50 (Editions en langues séparées **F, E**).

Convention européenne de radiodiffusion, Lucerne, 1933. Plan de Lucerne annexé à la Convention européenne de radiodiffusion et Protocole final. Tirage spécial 1942. Prix 1 fr. 30 **(F)**.

Convention européenne de radiodiffusion, Copenhague, 1948. Plan de Copenhague annexé à la Convention européenne de radiodiffusion et Protocole final. Prix **(F)** 4 fr., **(E)** 4 fr., **(R)** 7 fr. 50.

Convention régionale européenne du service mobile radiomaritime, Copenhague, 1948. Plan de Copenhague de répartition des fréquences entre les stations côtières de la zone européenne maritime annexé à la Convention régionale européenne du service mobile radiomaritime. Prix **(F)** 6 fr. 50, **(E)** 6 fr. 50, **(R)** 6 fr. 70 (texte français épuisé).

Accord régional sur la radiodiffusion en Amérique du Nord (NARBA), Washington, 1950 (Edition trilingue **F, E, S**). Ce document peut être obtenu directement auprès de : Telecommunications Policy Staff, Department of State, Washington 25, D. C.

Accord international sur la radiodiffusion à hautes fréquences, Mexico, 1949. Prix 4 fr. (Editions en langues séparées **F, E, S, R**).

Plan de Mexico de répartition des heures-fréquences à la radiodiffusion à hautes fréquences, annexé à l'Accord international sur la radiodiffusion à hautes fréquences, Plan de base, Mexico, 1949. Prix 4 fr. 20 (Edition multilingue **F, E, S, R**).

Accord interaméricain des radiocommunications, Washington, 1949. Prix 6 fr. 10 (Edition trilingue **F, E, S**).

Conférence internationale de radiodiffusion à hautes fréquences, Commission technique du Plan, 1949. Projet d'assignation d'heures-fréquences pour la phase du Plan correspondant aux saisons et aux indices d'activité solaire suivants : Equinoxe-12, Equinoxe-40, juin-12, juin-40, décembre-12, décembre-40, soit 6 brochures à 4 fr. 50 l'une (Edition multilingue **F, E, S, R**).

Plan d'attribution des fréquences pour le service mobile aéronautique et Accord final, Genève, 1948-1949. Prix 10 fr. 20 (Editions en langues séparées **F, E, S**).

Actes finals de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications (Genève, 1951) :

Vol. I. (Accord, protocole final, résolutions et recommandations.) Editions en langues séparées **F, E, S.** Prix 25 fr. 50.

Vol. II. (Bande 14—150 kc/s.) Edition trilingue **F, E, S.** Prix 6 fr. 60.

Vol. III. (Région 1.) Edition trilingue **F, E, S.** Prix 37 fr. 55.

Vol. IV. (Région 2.) Edition trilingue **F, E, S.** Prix 120 fr. 75.

Vol. V. (Région 3.) Edition trilingue **F, E, S.** Prix 48 fr. 80.

Vol. VI. (Service Mobile Maritime dans les bandes exclusives entre 4.000 kc/s et 27.500 kc/s.) Edition trilingue **F, E, S.** Prix 17 fr. 25.

Vol. VII. (Service Mobile Aéronautique R et OR dans les bandes entre 4.000 kc/s et 27.500 kc/s.) Editions en langues séparées **F, E, S.** Prix 9 fr. 15.

Index analytique et chronologique des dispositions classées par bandes des fréquences et par service. Editions en langues séparées **F, E, S.** Prix 2 fr. 30.

Règlement des radiocommunications annexé à la Convention internationale des télécommunications (Atlantic City, 1947) ; Règlement additionnel des radiocommunications ; Protocole additionnel aux Actes de la Conférence internationale des radiocommunications d'Atlantic City, 1947, signé par les délégués de la région européenne ; Recommandations et Résolutions adoptées par la Conférence internationale des radiocommunications (Atlantic City, 1947). Prix 7 fr. 10 (Editions en langues séparées **F, E, S**). (Texte anglais épuisé.)

Liste des abréviations et signaux divers à employer dans les radiocommunications (Atlantic City, 1947). Prix 2 fr. (Editions en langues séparées **F, E, S**).

Tableau vert indiquant comment sont traités, par les diverses administrations et par les exploitations privées, les radiotélégrammes dont l'acceptation est facultative aux termes des Règlements des radiocommunications (Atlantic City, 1947). Edition du 15 octobre 1952. Prix 11 fr. 45 (Edition trilingue **F, E, S**).

Cartes

Graphiques en couleurs indiquant les attributions internationales et régionales du spectre des fréquences. Prix 3 fr. 70 (Editions en langues séparées **F, E, S**).

Carte des stations côtières ouvertes à la correspondance publique, 6e édition, 1952. Prix 6 fr. 35 (Edition multilingue **F, E, S, R, C**).

Carte des stations terrestres ouvertes à la correspondance publique avec les aéronefs, 1re édition, juillet 1950. Prix 9 fr. 60 (Edition multilingue **F, E, S, R, C**).

Carte des stations terrestres de radionavigation, 1re édition, 1951 (Edition multilingue **F, E, S, R, C**). Prix 12 fr. 75 (feuilles séparées 1 fr. 70).

Listes

Liste I. **Répertoire des fréquences,** 1re édition, 30 juin 1952 : Préface (éditions en langues séparées **F, E, S**). Prix 12 fr. 40

Vol. I. 10 kc/s à 5950 kc/s. Prix 49 fr. 20.

Vol. II. 5950 kc/s à 27.500 kc/s. Prix 37 fr. 20.

Vol. III. Fréquences supérieures à 27,5 Mc/s. Prix 19 fr. 30.

Renseignements complémentaires. Prix 18 fr. 55.

Liste II. **Nomenclature des stations fixes** (Index à la liste des fréquences pour les stations fixes en service), 13e édition, mars 1951. Prix avec l'abonnement aux suppléments nos 1 à 4 : 51 fr. 40 **(F)**.

Liste III. **Nomenclature des stations de radiodiffusion,** 12e édition, juillet 1950. Prix avec l'abonnement aux suppléments : 21 fr. 85 (Edition trilingue **F, E, S**).

Liste IV. **Nomenclature des stations côtières et de navire,** 24e édition, mars 1953. Prix 11 fr. (Edition trilingue **F, E, S**).

Liste V. **Nomenclature des stations aéronautiques et d'aéronef,** 21e édition, octobre 1952. Prix 17 fr. (Edition trilingue **F, E, S**).

Liste VI. **Nomenclature des stations de radiorepérage,** 2e édition, juillet 1952. Prix avec l'abonnement aux suppléments qui paraîtront jusqu'à la prochaine édition : **(F)** 16 fr., **(E)** 11 fr.

Liste VII. **Nomenclature des stations effectuant des services spéciaux,** 13e édition, avril 1953. Prix avec l'abonnement aux suppléments nos 1 à 5 : **(F)** 10 fr. 70, **(E)** 7 fr. 65.

Liste VIII. **Liste alphabétique des indicatifs d'appel des stations terrestres, mobiles et fixes,** 15e édition, avril 1952. Prix avec l'abonnement aux suppléments nos 1 à 12 : 16 fr. (Préfaces et notes **F, E, S, R, C**).

Liste des fréquences, 16e édition, mars 1951. Prix avec les suppléments nos 1 à 4 : 249 fr. 60 **(F)**.

Statistique

Statistique générale des radiocommunications. Fascicules se rapportant à la situation au 30 juin 1908, à la période du 1er juillet au 31 décembre 1908 et aux années 1909 à 1929. Prix 0 fr. 60 **(F)**.

Année 1930, prix 1 fr. 55 **(F)**. Années 1931—32, 1933 à 1942, prix 0 fr. 60 **(F)**.

Année 1943, prix 0 fr. 30 **(F)**. Année 1944, prix 0 fr. 40 **(F)**.

Année 1945, prix 0 fr. 60 **(F)**. Année 1946, prix 0 fr. 80 **(F)**.

Année 1947, prix 0 fr. 80 **(F)**.

Année 1950, prix 4 fr. 60 (Edition trilingue **F, E, S**).

Année 1951, prix 2 fr. 30 (Edition trilingue **F, E, S**).

(Années 1908, 1909, 1948 et 1949 épuisées.)

IV. Publications diverses, communes aux services télégraphique, téléphonique et des radiocommunications

Convention internationale des télécommunications, Atlantic City, 1947. Prix 1 fr. 50 (Editions en langues séparées **F, E, S**), **(R)** 6 fr. 75.

Convention internationale des télécommunications, Buenos Aires, 1952. Prix **(F)** 3 fr. 25, **(E)** 3 fr. 25, **(S)** 9 fr. 70.

Documents de la Conférence internationale des télécommunications d'Atlantic City, 1947. Prix 15 fr. (Editions en langues séparées **F, E**).

Journal des télécommunications (Anciennement « Journal télégraphique »). Prix de l'abonnement annuel concordant avec l'année civile : Tous pays 10 fr. Le numéro isolé 1 fr. 25.
Volumes 1 à 3 (années 1869 à 1877) épuisés.
4e volume (années 1878 à 1880). Prix 15 fr.
A partir de 1881, chaque année forme un volume séparé.
Prix des années 1881 à 1950, 5 fr. 50 le volume, ceux de 1951 et 1952, 10 fr. (années 1912, 1934, 1938, 1942, 1945 et 1947 épuisées).
Depuis l'année 1948, le Journal des télécommunications est publié en une édition trilingue française, anglaise et espagnole.

Le problème de l'assignation des fréquences dans les bandes du service fixe, par le Capit. P. Richard (Extrait du Journal des télécommunications, nos 5-8, 1950). Prix 3 fr. (Edition trilingue **F, E, S**).

Table alphabétique générale des matières contenues dans le Journal télégraphique de 1869 au 31 décembre 1910. Prix 1 fr. 80 ; de 1911 au 31 décembre 1930. Prix 2 fr. **(F)**.

Avant-projet de vocabulaire des télécommunications en 8 langues (français, allemand, anglais, espagnol, italien, portugais, russe, suédois), établi par le Bureau de l'Union internationale des télécommunications, conformément aux décisions de la Conférence télégraphique et téléphonique internationale et de la Conférence internationale des radiocommunications, réunies au Caire en 1938 ; avec le supplément. Prix 16 fr. 50.

L'Union télégraphique internationale (1865—1915), publication jubilaire. Prix 2 fr. 40 **(F)**.

Répertoire analytique des tarifs et autres renseignements notifiés par le Bureau international depuis sa fondation et non rapportés à la date du 31 mars 1911. Brochure grand in-4°, 1911. Prix 2 fr. 50 **(F)**.

Portraits des grands hommes des télécommunications (eaux-fortes tirées sur papier de luxe, format 23 × 17 cm., marges comprises) : Morse, Hughes, Bell, Marconi, Baudot, Gauss et Weber, Maxwell, général Ferrié, Siemens, Popov, Ampère, Hertz, Erlang, Tesla, Faraday, Heaviside, Pupin, Lord Kelvin. Prix de chaque portrait : 3 fr.

V. Publications du Comité consultatif international télégraphique (CCIT)

a) **Avis émis par le Comité :**

Berlin, novembre 1926. Brochure de 28 pages (épuisé). Ces avis sont reproduits dans les documents du Comité mentionnés sous b) ci-après (réunion de Berlin).

Berlin, juin 1929. Brochure de 43 pages. Prix 1 fr. 80 **(F)**.

Berne, mai 1931. Brochure de 65 pages. Prix 1 fr. 70 **(F)**.

Recueil des avis des C. C. I. T. de Berlin (1926 et 1929), Berne (1931), encore en vigueur, et de Prague (1934). Brochure de 96 pages. Prix 2 fr. 70 **(F)** (épuisé).

Avis émis par le Comité (y compris les avis antérieurs subsistants), Varsovie, 1936. Brochure de 115 pages. Prix 2 fr. 80 **(F)**.

b) **Documents du Comité :**

Berlin, novembre 1926. Deux volumes in-4°. Ensemble 9 fr. 50 **(F)**.

Berlin, juin 1929. Deux volumes in-4°. Ensemble 16 fr. 50 **(F)** (épuisé).

Berne, mai 1931. Deux volumes in-4°. Ensemble 11 fr. 40 **(F)** (épuisé).

Prague, mai-juin 1934. Deux volumes in-4°. Ensemble 10 fr. 35 **(F)** (épuisé).

Varsovie, octobre 1936. Deux volumes in-4°. Ensemble 14 fr. 20 **(F)**.

Bruxelles, mai 1948 **(revision de Genève, 1951).** Prix 20 fr. 85 (Editions en langues séparées **F, E)** (épuisé).

VI. Publications du Comité consultatif international téléphonique (CCIF)

Instructions pour les opératrices du service téléphonique international européen, 1949. Prix 2 fr. 55 **(F)**.

Instruction pour le personnel chargé de surveiller et de taxer les transmissions radiophoniques dans le régime européen, Firenze, 1951. Prix 1 fr. 10 **(F)**.

Livre jaune — XV^e Assemblée plénière, Paris, 26-30 juillet 1949 :

Tome I bis. Liste des délégués, procès-verbaux des séances de la XV^e Assemblée plénière, questions d'organisation, questions d'exploitation et tarification, liste des questions dont l'étude doit être entreprise ou poursuivie en 1950 et 1951, composition des commissions d'études et des sous-commissions en 1950 et 1951. Prix 27 fr. 30 **(F)**.

Tome II. Protection. Prix 5 fr. 95 **(F)**.

Tome III. Transmission sur les lignes, maintenance. Prix 17 fr. 75 **(F)** (épuisé).

Tome IV. Définitions et recommandations de principe relatives à la transmission, symboles littéraux et graphiques, méthodes et appareils de mesure. (Avec annexes.) Prix 25 fr. 30 **(F)**.

Tome V. Signalisation téléphonique, commutation téléphonique, installations téléphoniques. Prix 4 fr. 45 **(F)**.

Recommandations concernant la protection des câbles souterrains contre la corrosion, Paris 1949. Prix 4 fr. 25 **(F)**.

Livre jaune — XVI^e Assemblée plénière, Firenze, 22-27 octobre 1951 :

Tome I ter. Liste des délégués, procès-verbaux des séances de la XVI^e Assemblée plénière, organisation du CCIF, Avis d'exploitation et tarification, liste des questions dont l'étude doit être entreprise ou poursuivie en 1952, 1953 et 1954, composition des commissions d'études et des sous-commissions en 1952, 1953 et 1954, tableau d'organisation du CCIF, index alphabétique. Prix 29 fr. 60 **(F)**.

Tome III bis. Transmission sur les lignes, maintenance. Prix 19 fr. 40 **(F)**.

Tome VI. Signalisation, protection, qualité de transmission. Prix 12 fr. 30 **(F)**.

Consigne de maintenance des circuits internationaux (extrait du Tome III bis du Livre jaune du CCIF, Firenze, 1951). Prix 2 fr. 40 **(F)**.

Programme général d'interconnexion en Europe et dans le bassin méditerranéen (1952-1954). Prix 13 fr. 20 **(F)**.

Projet de répertoire des définitions des termes essentiels utilisés en téléphonie, Firenze, 1951. Prix 12 fr. 10. (Edition bilingue **F, E)**.

Recommandations pour la protection des câbles souterrains contre l'action des courants vagabonds provenant des installations de traction électrique, 1952. (Editions en langues séparées **F, E)**. Prix 6 fr. 25.

Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles, édition de Roma 1937 (révisée à Oslo en 1938 et mise à jour à Genève en 1952). Prix 10 fr. 60 **(F)**.

VII. Publications du Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR)

a) **Avis émis par le Comité :**

La Haye, septembre-octobre 1929. Brochure de 50 pages (épuisé). Ces avis sont reproduits dans les Documents du Comité mentionnés sous b) ci-après (réunion de La Haye).

Copenhague, mai-juin 1931. Brochure de 73 pages. Prix 0 fr. 90 **(F)**.

Lisbonne, septembre-octobre 1934. Brochure de 67 pages. Prix 1 fr. 60 **(F)**.

Bucarest, 1937. Brochure de 203 pages. Prix 5 fr. 80 **(F)** (épuisé).

Stockholm, août 1948. Brochure de 219 pages. Prix 5 fr. 70 (Editions en langues séparées **F, E, S)**.
[Ce document est complété par un fascicule des questions nouvelles mises à l'étude. Prix 0 fr. 50 (Editions en langues séparées **F, E, S)**.]

b) **Documents du Comité :**

La Haye, septembre-octobre 1929. Un volume in-4°. Prix 4 fr. 70 **(F)**.

Copenhague, mai-juin 1931. Un volume in-4°. Prix 6 fr. 50 **(F)**.

Lisbonne, septembre-octobre 1934. Deux volumes in-4°. Ensemble 9 fr. 50 **(F)**.

Bucarest, mai-juin 1937. Deux volumes in-4°. Ensemble 35 fr. **(F)**.

Stockholm, juillet 1948. Procès-verbaux des séances de l'Assemblée plénière et documents annexes. Prix 17 fr. 40 (Editions en langues séparées **F, E, S)**.

Genève, 1951. Vol. I : Avis émis par le Comité ; Questions à l'étude ; Programmes d'études ; Rapports ; Vœux émis ; Liste des commissions d'études. Prix 24 fr. 50 (Editions en langues séparées **F, E). (E** épuisé.)

Vol. II : Liste des participants ; Rapports des rapporteurs principaux des commissions d'études ; Rapport du Directeur du C.C.I.R. ; Rapport de la Commission de rédaction ; Rapport sur le programme d'assistance technique des Nations Unies ; Liste des documents ; Siège de la VII^e Assemblée plénière. Prix 25 fr. 75 (Editions en langues séparées **F, E)**.

Vol. III : Procès-verbaux des réunions plénières. Prix 8 fr. 50 (Editions en langues séparées **F, E, S)**.

Diagrammes d'antenne préparés par le C.C.I.R., 1953. Prix 15 fr. 40 (Editions en langues séparées **F, E, S)**.

Printed in Switzerland

Creed

No. 47 Tape Model Teleprinter

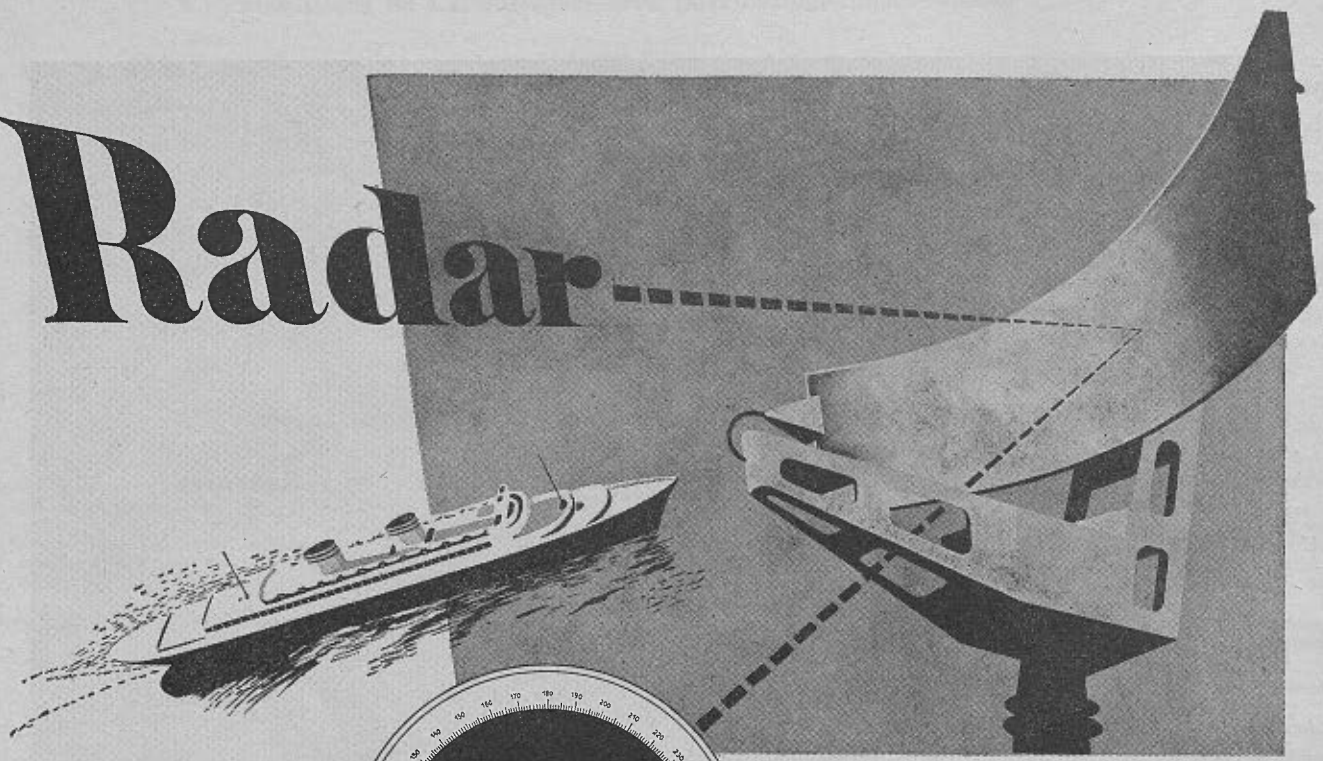
No. 7 Page Model Teleprinter

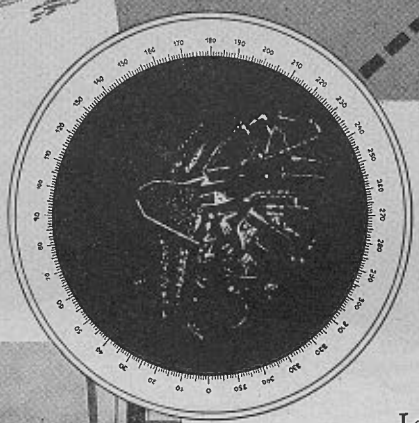
princing telegraph systems

Creed & Company Limited

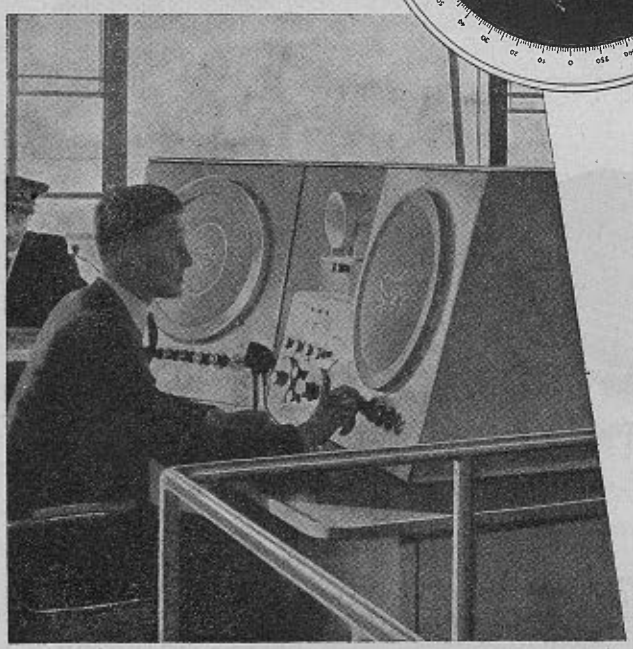
TELEGRAPH HOUSE · CROYDON · ENGLAND

Radar





Below: Central control desk of Philips' Harbour Radar Equipment for one or two observers. Images of different range can be observed on both screens simultaneously.



THE science and application of UHF has been the subject of extensive research in PHILIPS' Laboratories for many years.

Numerous contributions to the development of UHF pulse technique have emanated from this research and from PHILIPS' experience of world-wide scope in the field of electronics. This is why PHILIPS' RADAR Equipment possesses many remarkable features which are shown to real advantage in actual use.

For full information, ask Philips' representative in your country or

PHILIPS

telecommunication

PHILIPS

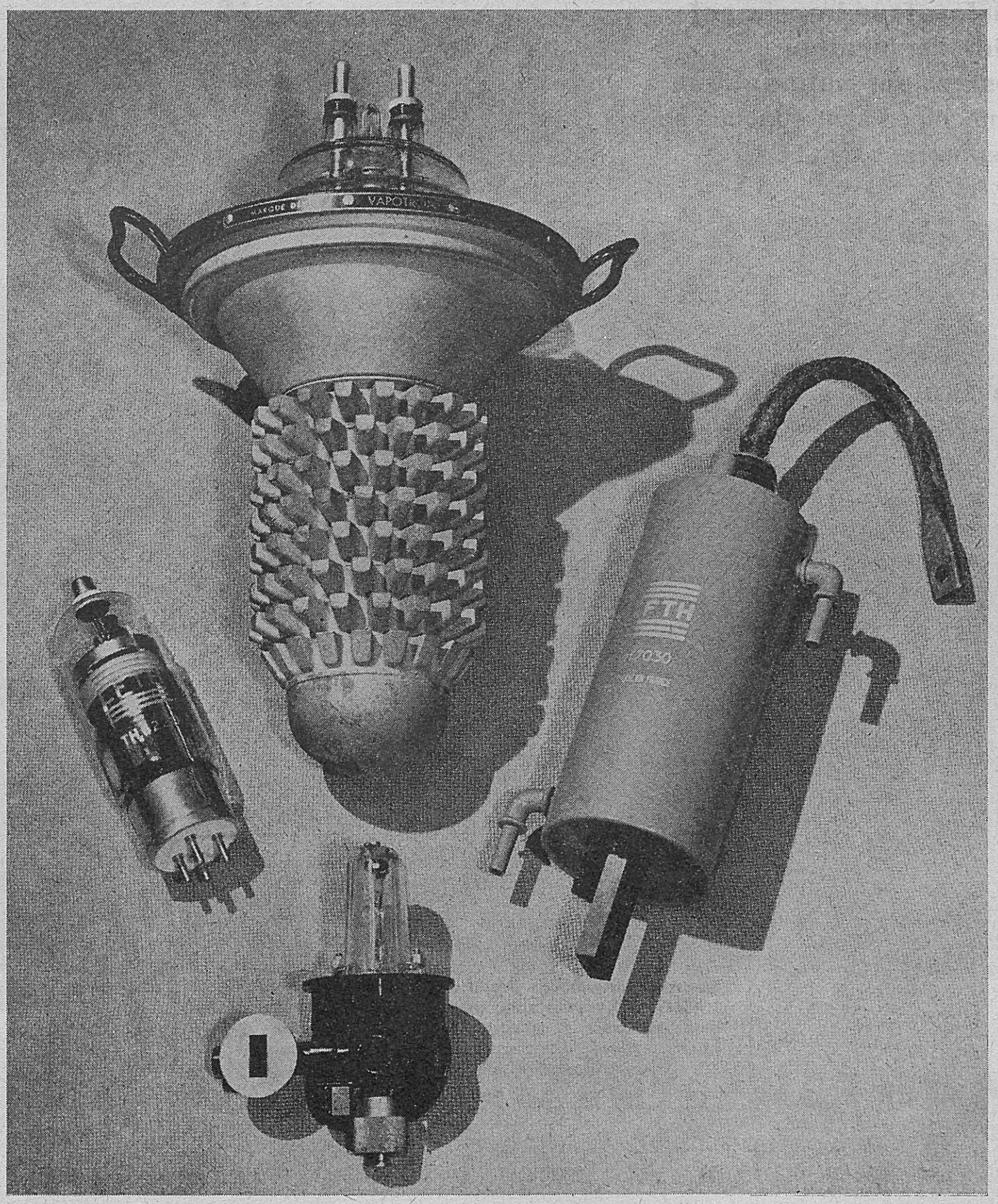
N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum, Netherlands, P.O. Box 32

CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON - HOUSTON

GROUPE ÉLECTRONIQUE

Services commerciaux : 4, rue du Fossé-Blanc / Gennevilliers / Seine / FRANCE
Téléphone : GRÉ. 33 05 / GRÉ. 57 00 / Télégr. : ELIHURATEL GENNEVILLIERS



Thyratron	TH. 6220	Tiratron	TH. 6220	Tiratrón	TH. 6220
Vapotron	TH. 456	Vapotron	TH. 456	Vapotrón	TH. 456
Ignitron	TH. 7030	Ignitron	TH. 7030	Ignitrón	TH. 7030
Magnétron	TH. 1725 B	Magnetron	TH. 1725 B	Magnetrón	TH. 1725 B

olivetti

Ing. C. Olivetti & C., S.p.A - Ivrea (Italie)

Téléimprimeur

Téléimprimeur sur page
Téléimprimeur sur bande
Reperforateur de bande
Reperforateur imprimant
Clavier perforateur
Transmetteur automatique
Les machines sont conçues selon les normes du C.C.I.T.

Bureaux: Via Viotti 9 - Turin 4.65.14 - Adresse télégr.: Teleolivetti

INDUSTRIA RADIOTECNICA ITALIANA (I. R. I.)
Roma, Largo Tartini 4
Adresse télégraphique : **Iriver-Roma**

Industrie électronique - Production : postes récepteurs « AUTOVOX » pour auto, transmetteurs-récepteurs de petite puissance, récepteurs T.V., radiosondes, radiophares, pièces détachées (antennes, haut-parleurs transformateurs, alimentateurs, etc...)

CAPACITANCE

FIXED CONDENSERS: You see them every day in electronic equipment and take them at their face value. The condenser manufacturer can't—he must determine their capacitance, power factor and other important characteristics with the aid of high-grade test equipment. When *you* want to make measurements of this type, remember that a range of Marconi instruments is available specially designed for the job.

MARCONI INSTRUMENTS

SIGNAL GENERATORS · BRIDGES · VALVE VOLTMETERS · Q METERS · FREQUENCY STANDARDS
OUTPUT METERS · WAVE METERS · WAVE ANALYSERS · BEAT FREQUENCY OSCILLATORS

MARCONI INSTRUMENTS LIMITED · ST. ALBANS · HERTFORDSHIRE · ENGLAND

Managing Agents in Export: MARCONI'S WIRELESS TELEGRAPH CO., LTD., INSTRUMENTATION EXPORT DIVISION, MARCONI HOUSE, STRAND, LONDON, W.C.2, ENGLAND

POSTES ÉMETTEURS

standardisés - 10 kW

pour les services radiotélégraphiques internationaux livrables

de stock!

Télégraphie à grande vitesse - Radiotélétype

BROWN BOVERI

S.A. BROWN, BOVERI & CIE, BADEN

POSTES CHEQUES

JOURNAL UIT